

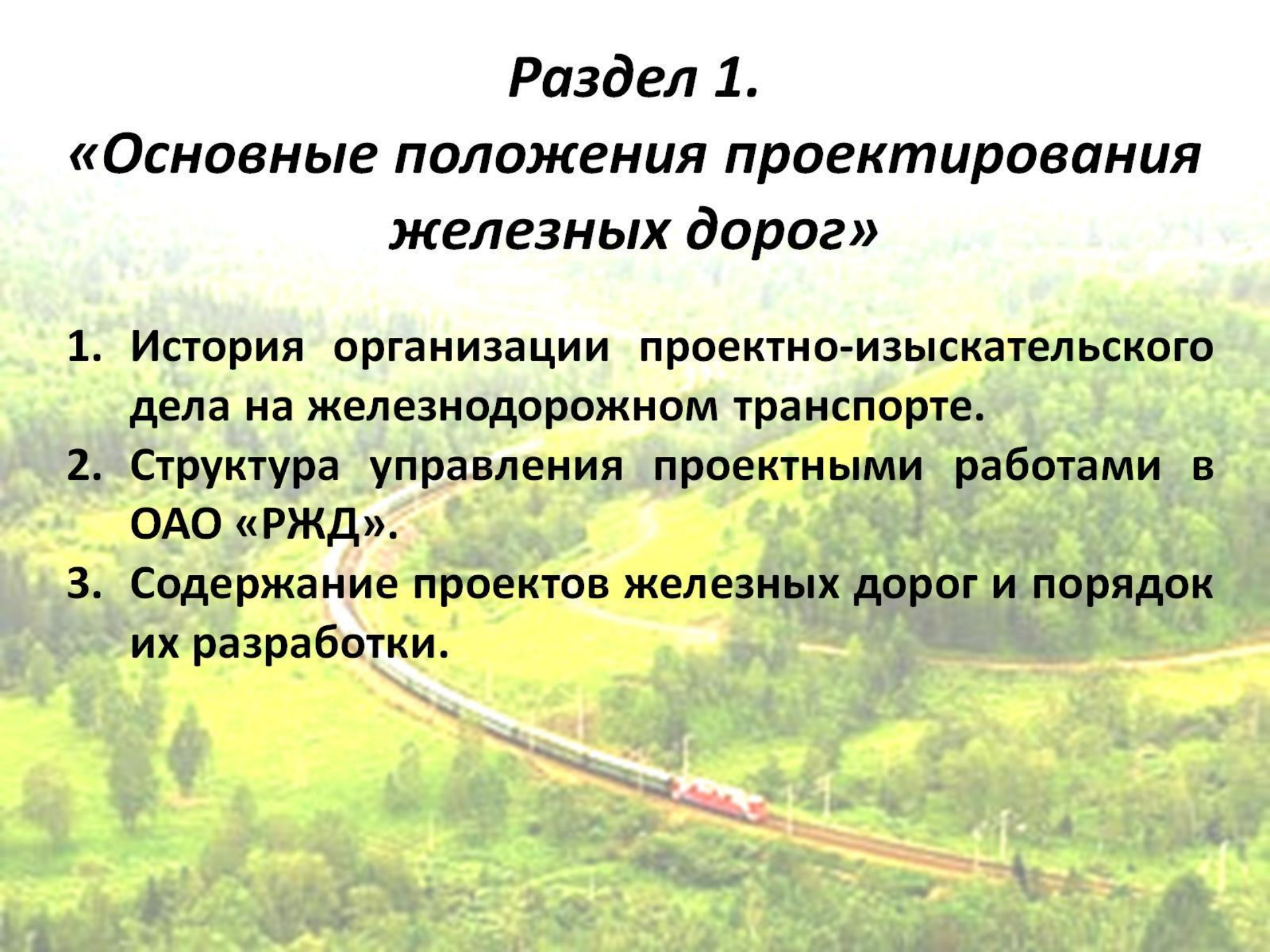
Литература:

1. Строительные нормы и правила МПС Российской Федерации. Железные дороги колеи 1520мм. СНиП 32-01-95. М., 1995. 20 с.
2. Свод правил. Железные дороги колеи 1520 мм. СП 119.13330.2017. Актуализированная редакция СНиП 32-01-95.
3. СП 237.1326000.2015 Инфраструктура железнодорожного транспорта. Общие требования.
4. Копыленко В.А., Космин В.В. Изыскания и проектирование железных дорог: учебник. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2017. – 573 с. – ISBN 978-5-89035-990-2; То же [Электронный ресурс] <https://umczdt.ru/books/35/2612/>
5. *Основы проектирования железных дорог: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта по специальности «Организация перевозок и управление на транспорте» / Жуков В.И. Новосибирск, 2004. – 138 с.*

Раздел 1.

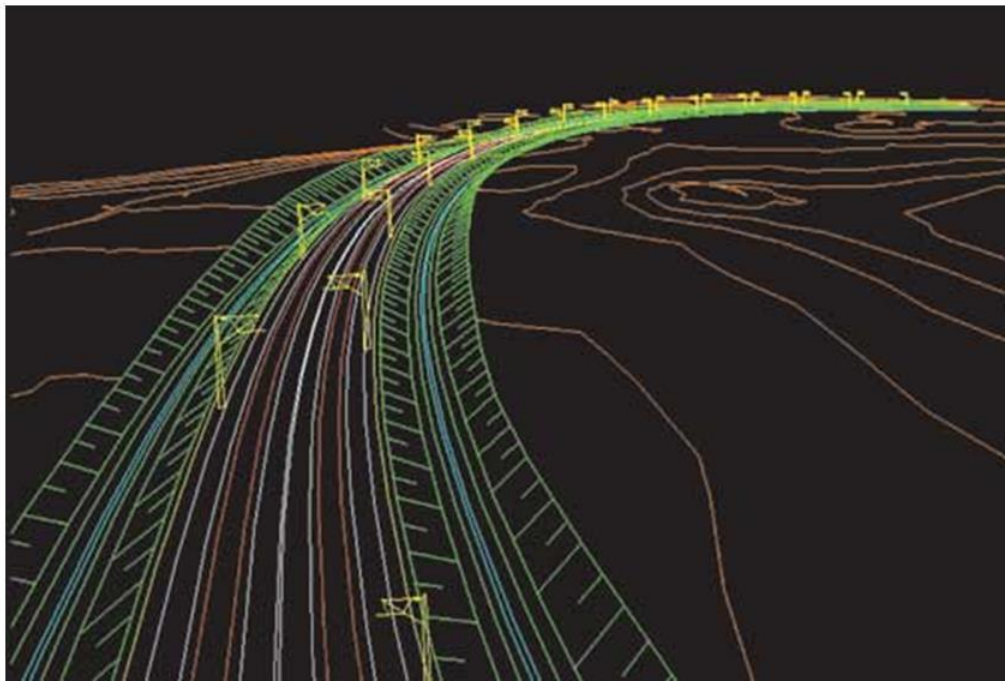
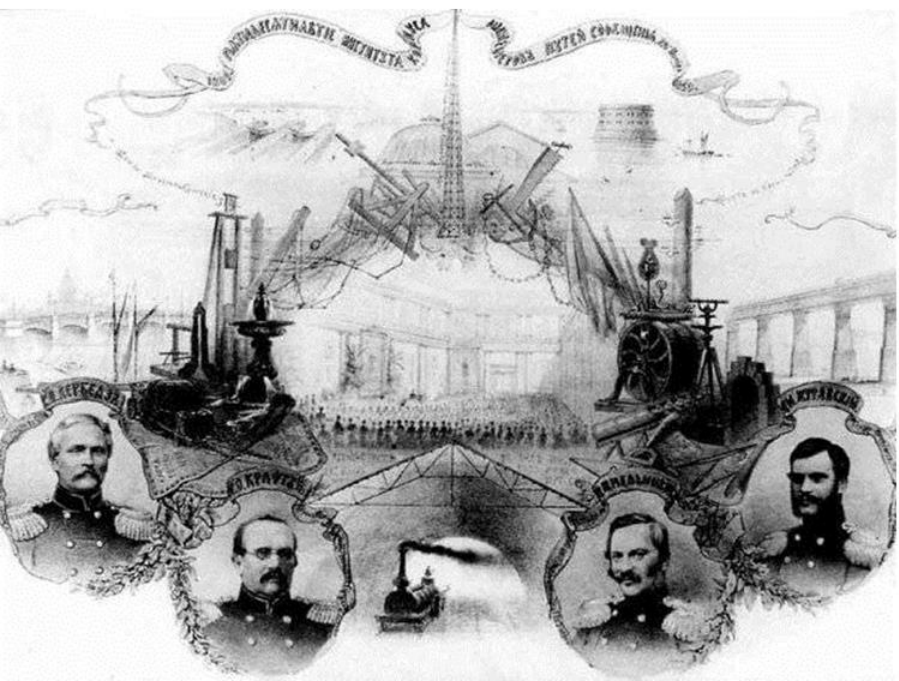
«Основные положения проектирования железных дорог»

- 1. История организации проектно-изыскательского дела на железнодорожном транспорте.**
- 2. Структура управления проектными работами в ОАО «РЖД».**
- 3. Содержание проектов железных дорог и порядок их разработки.**



1. История организации проектного дела на железнодорожном транспорте

Проектирование железных дорог – это отрасль, которая разрабатывает теоретические основы и практические методы инженерных изысканий и комплексного проектирования новых и реконструкции действующих железных дорог.

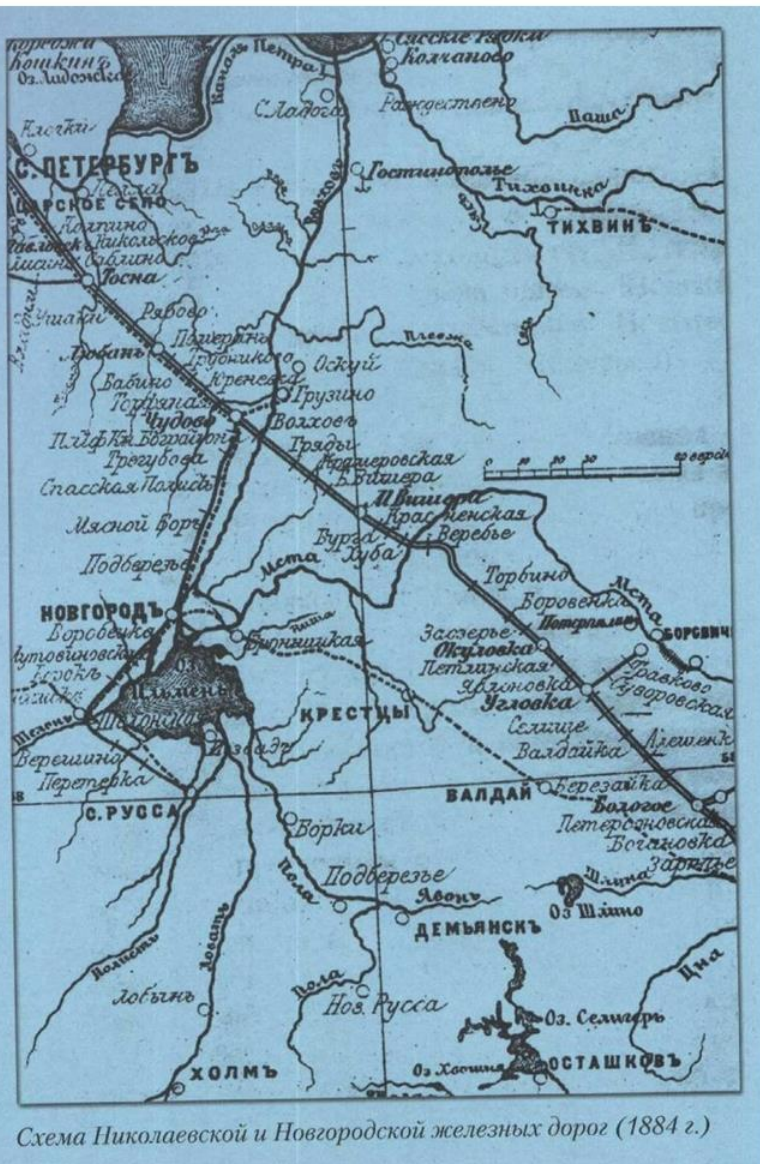


Можно выделить несколько исторических этапов развития проектного дела на железнодорожном транспорте в России:

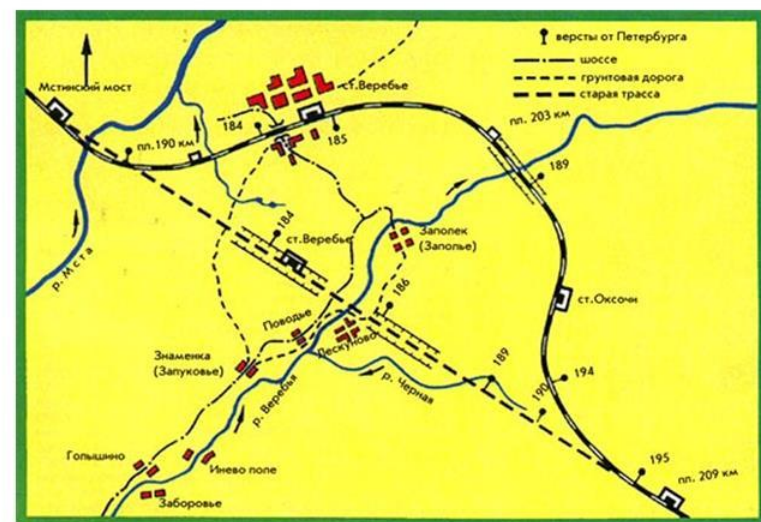
1. Начальный период строительства.



Здание Института Корпуса инженеров путей сообщения и его первый ректор Августин Августинович Бетанкур



Первый министр путей сообщения Павел Петрович Мельников



Участок железнодорожной трассы Санкт-Петербург – Москва с устройством дополнительной ветки на Новгород

Вербынский обход

2. Строительство железных дорог в период капиталистического развития страны после реформы 1861 г.

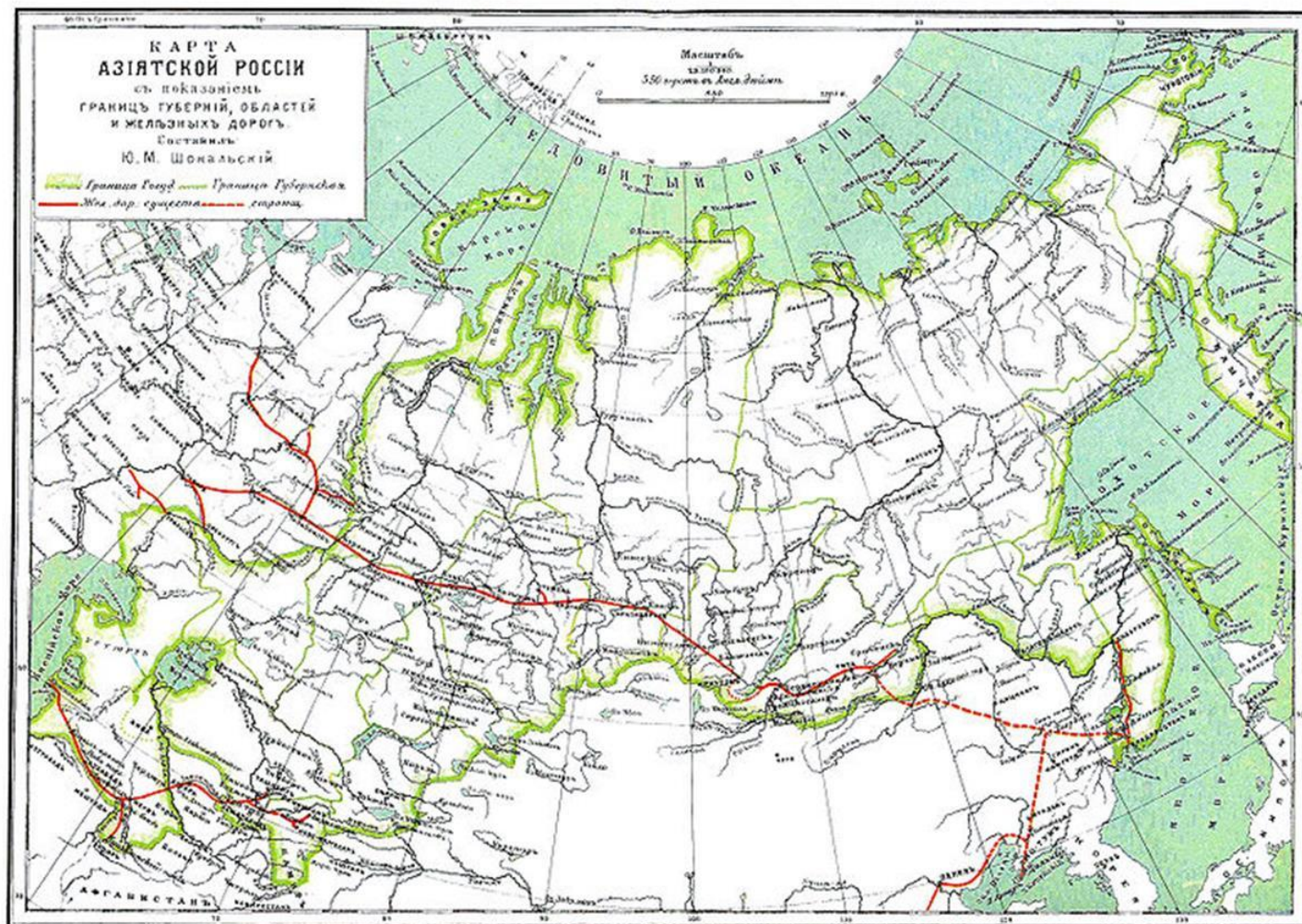


Старый Сурамский перевал

Паровозы серии Ф



3. Начальный период формирования научных школ проектировщиков – начало XX века.



Великий Сибирский путь



РАЗРАБОТКА ТРУДОМЪ АРЕСТАНТОВЪ ИМЕЖИ ВЕРСТЫ 516-Й. ПИКЕТЪ № 7-20.

Транссиб. Около станции
Хилок. 1900 год.

Строительство Транссиба



4. Советский период формирования отрасли проектирования.

1918 г. – создание Экспериментального института путей сообщения, объединившего видных ученых страны.

1930 г. – Создается ЦИС НКПС (Центральный научно-исследовательский институт транспортного строительства). Появились специализированные конторы проектирования по направлениям:

- ✓ Трансмостпроект (проектирование больших и средних мостов);
- ✓ Трансузелпроект (проектирование станций и узлов).

1935 г. – создание Союзтранспроекта для централизации управления проектно-изыскательскими работами. В его состав вошли государственные проектно-изыскательские институты (*Гипротрансы*), осуществляющие комплексную проектно-изыскательскую деятельность на закрепленной территории (*Мос, Лен, Урал и Сибгипротранс*).

Также проектную документацию разрабатывали отраслевые институты (*Желдорпроекты*), которые занимались в основном проектными работами по переустройству и развитию существующей сети ж. д.

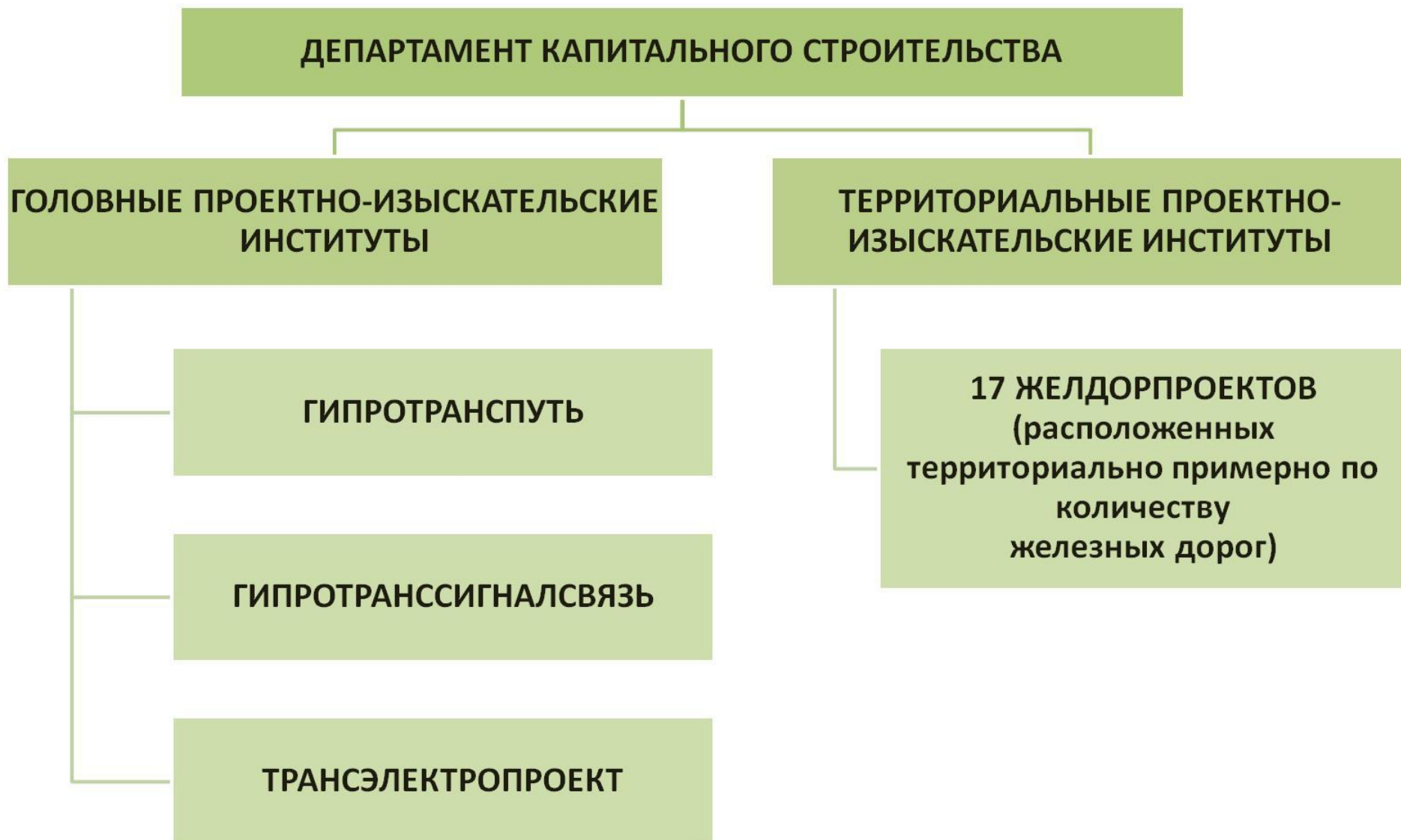
5. Постсоветский период (после 1990 г.).

В 1990 г. образованы госкорпорации Трансстрой. Проектные организации акционировались. Сейчас в Трансстрое проектным делом занимаются два управления:

- ✓ проектные работы;
- ✓ инженерная подготовка производства.



2. Структура управления проектными работами в ОАО «РЖД»



3. Содержание проектов железных дорог и порядок их разработки

Проект – комплекс взаимосвязанных мероприятий, обеспечивающих достижение в течение заданного периода времени определенной цели при зафиксированных требованиях к качеству результата и ограниченном расходовании средств и ресурсов.

Создание проекта осуществляется по принципу «от общего решения к частному», *когда детализация проектных проработок возрастает от одного этапа к другому при сужении области поиска.*

Проектная подготовка строительства состоит из трех этапов:

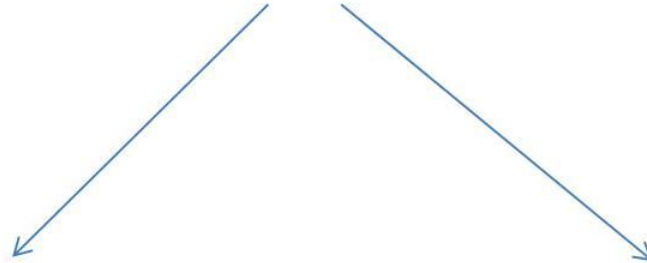
1. Формирование инвестиционного замысла и анализ возможностей инвестирования.
2. Разработка «Обоснования инвестиций в строительство».
3. Разработка, согласование, экспертиза и утверждение проектной документации.

Первый этап. Привлечение инвестиций. При строительстве железных дорог применялись следующие основные формы инвестирования:

1. Концессионный договор – привлечение инвесторов, которые на некоторое время получают право на эксплуатацию построенной дороги.
2. Собственные средства отрасли (МПС или ОАО «РЖД»).
3. Государственные средства.
4. Создание АО и получение инвестиций от продажи акций на строящийся объект.
5. Смешанные формы из представленных выше. Сейчас все чаще строительство идет за счет смешанного капитала ОАО «РЖД», государства и частных инвесторов.

Инвестор (заказчик) должен определить целесообразность строительства, для этого выполняются

инженерные изыскания



экономические

технические

Основные задачи экономических изысканий:

- ✓ обоснование роли проектируемой линии и ее значения в составе существующей сети железных дорог и во взаимодействии с другими видами транспорта;
- ✓ выявление возможных вариантов направления линии;
- ✓ установление размеров движения проектируемой линии и определение технико-экономических показателей ее работы (грузооборот, пассажирооборот, грузонапряженность и др.);
- ✓ определение эффективности ее строительства.

В технические изыскания входят обследование и съемки для выбора наилучшего расположения трассы проектируемой линии на местности, а также сбор необходимых технических данных для проектирования всех объектов железной дороги.



Далее инвестору необходимо получить разрешение на строительство, для чего он представляет в органы исполнительной власти ходатайство (декларацию) о намерениях.

В этом документе инвестор должен сформулировать цели инвестирования и определить:

- ✓ назначение и мощность объекта строительства;
- ✓ номенклатуру продукции (виды перевозок);
- ✓ принципиальное направление железнодорожной линии;
- ✓ размещение основных сооружений (мосты, тоннели, станции).

Второй этап. После получения положительного заключения на ходатайство о намерениях заказчиком (инвестором) разрабатывается «Обоснование инвестиций в строительство», в котором должны быть изложены:

- ✓ цели инвестирования;
- ✓ ожидаемый экономический, социальный и коммерческий эффект;
- ✓ мощность предприятия;
- ✓ основные технологические решения;
- ✓ обоснование выбора места расположения объекта;
- ✓ основные строительные решения;
- ✓ параметры наиболее крупных строительных сооружений;
- ✓ сроки и очередность строительства;
- ✓ потребность в трудовых и материальных ресурсах;
- ✓ предполагаемая организация строительно–монтажных работ;
- ✓ решения по энергообеспечению, снабжению теплом и водой;
- ✓ варианты обеспечения работников эксплуатационного штата жильем;
- ✓ оценка воздействия объекта на окружающую среду.

После прохождения процедуры согласования инвестор должен разработать (совместно с проектными организациями) «Техническое задание» на проектирование, в котором приводится вся необходимая информация для проектирования (длина путей, весовые нормы поездов, вид тяги, число главных путей, указания о предполагаемых примыканиях, способ управления стрелками и сигналами, средства сигнализации и связи и т.д.).

Третий этап. Непосредственно проектированием занимается проектная организация на основании договора с инвестором.

Проектирование может вестись:

1. Для крупных и сложных объектов – в две стадии. Сначала разрабатывается технический проект (ТЭО), а затем рабочая документация. При разработке ТЭО рассматривают несколько и выбирают вариант направления новых железнодорожных линий, пунктов их примыкания к действующей сети, технологии перевозок, основные технические параметры.
2. Для несложных объектов и при возможности использования типовых проектов или когда наилучший вариант проектирования очевиден, проектирование ведется в одну стадию, называемую рабочим проектом.

Проект железной дороги – это документ, представляющий собой увязанный в единое целое комплекс проектов отдельных сооружений.

Должен содержать следующие разделы:

- **экономическая часть** – где приводятся данные о размере и характере ожидаемых перевозок на расчетные годы эксплуатации (обычно 2, 5 и 10-й), масса поездов, коэффициенты неравномерности движения и другие данные для обоснования экономической эффективности и целесообразности постройки линии;

➤ **техническая часть** – в которой приводятся все проектно-сметные материалы и расчеты по обоснованию направления трассы и ее основных параметров (руководящего уклона, числа главных путей, полезной длины приемо-отправочных путей, вида тяги и др.), проекты земляного полотна, искусственных сооружений и верхнего строения пути, размещение отдельных пунктов и проекты станций, локомотивного и вагонного хозяйств, водоснабжения и водоотведения, сигнализации и связи, электроснабжения и зданий;

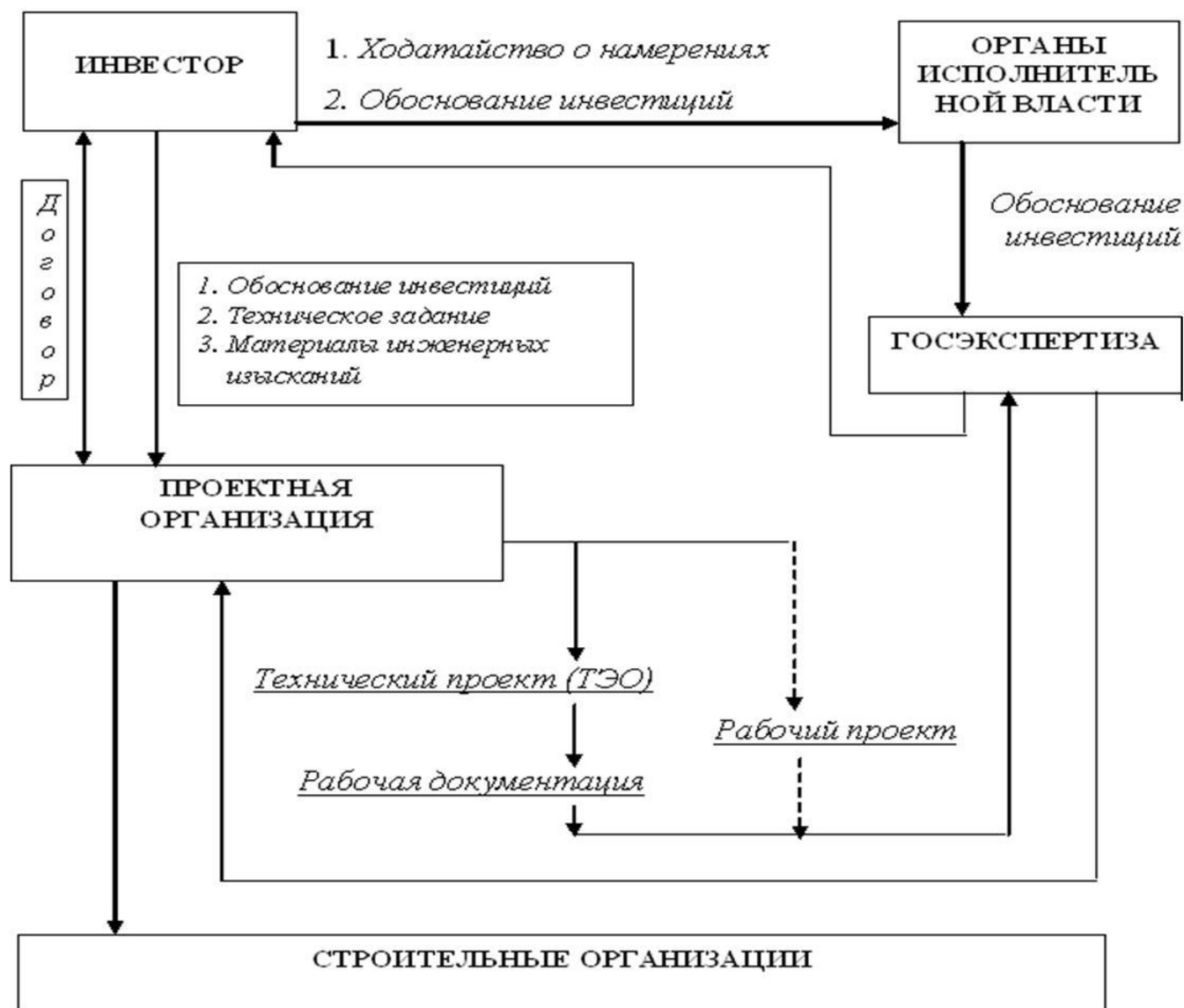
- генеральный план и транспорт;
- технологические решения;
- управление производством;
- организация и условия труда персонала;
- архитектурно-строительные решения;
- инженерное оборудование, сети и системы;
- организация строительства;
- охрана окружающей среды;
- мероприятия по предупреждению ЧС;
- сметная документация;
- эффективность инвестиций.

В состав рабочей документации обычно входят:

- ✓ рабочие чертежи;
- ✓ сметная документация;
- ✓ ведомость объемов строительных и монтажных работ;
- ✓ потребность в материалах;
- ✓ сборники спецификаций оборудования;
- ✓ другие рабочие документы.

При проектировании в одну стадию рабочий проект объединяет в себе материалы проекта и рабочей документации. Технические и рабочие проекты обязательно подлежат государственной экспертизе, после чего объект включается в план строительства.

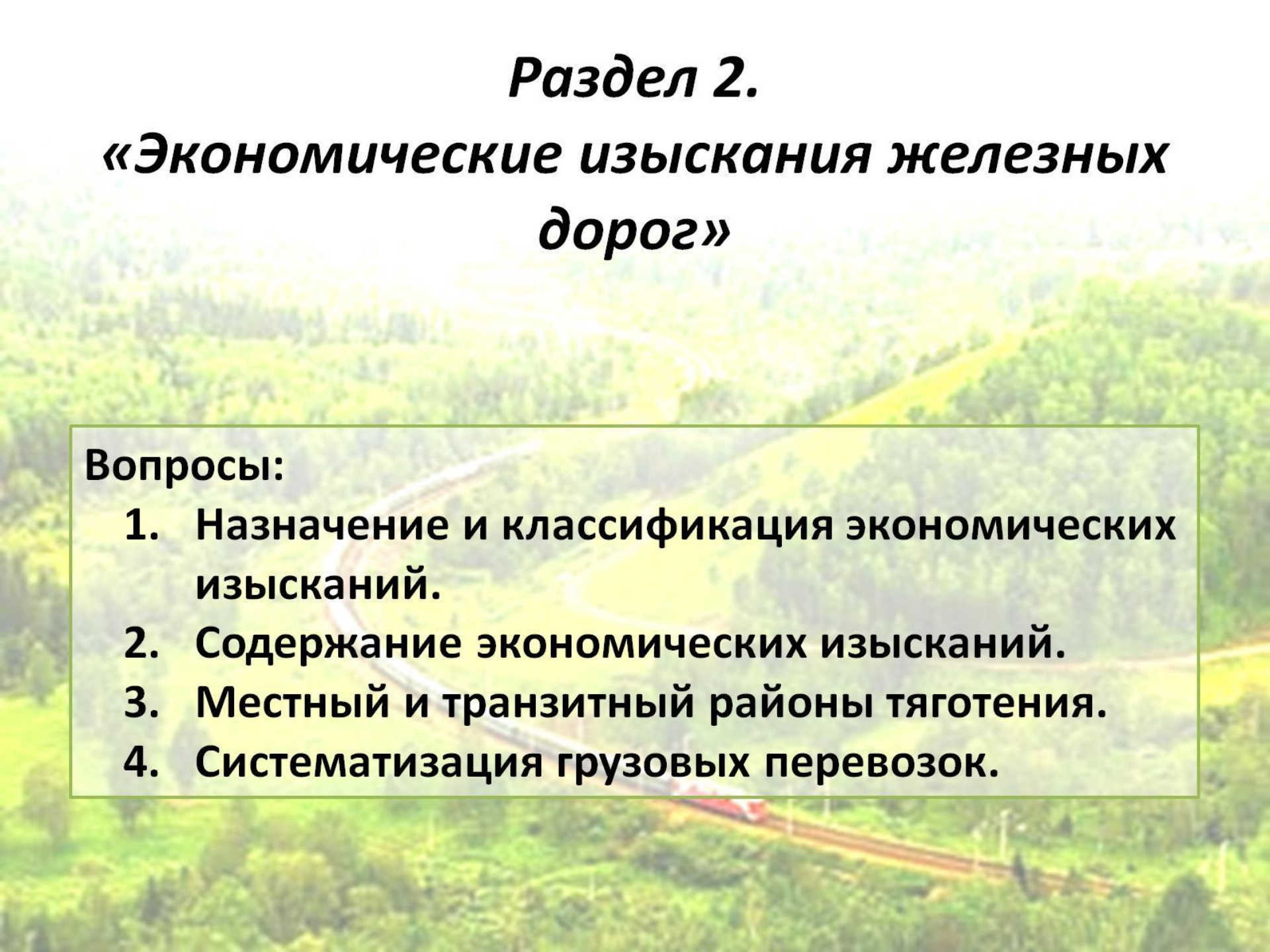
Схема документооборота на предпроектном и проектном этапах строительства объекта железнодорожного транспорта



Сдача в эксплуатацию выполняется в три этапа:

- ❖ открытие рабочего движения;
- ❖ временная эксплуатация (стадия завершения);
- ❖ постоянная эксплуатация.





Раздел 2.

«Экономические изыскания железных дорог»

Вопросы:

- 1. Назначение и классификация экономических изысканий.**
- 2. Содержание экономических изысканий.**
- 3. Местный и транзитный районы тяготения.**
- 4. Систематизация грузовых перевозок.**

1. Назначение и классификация экономических изысканий

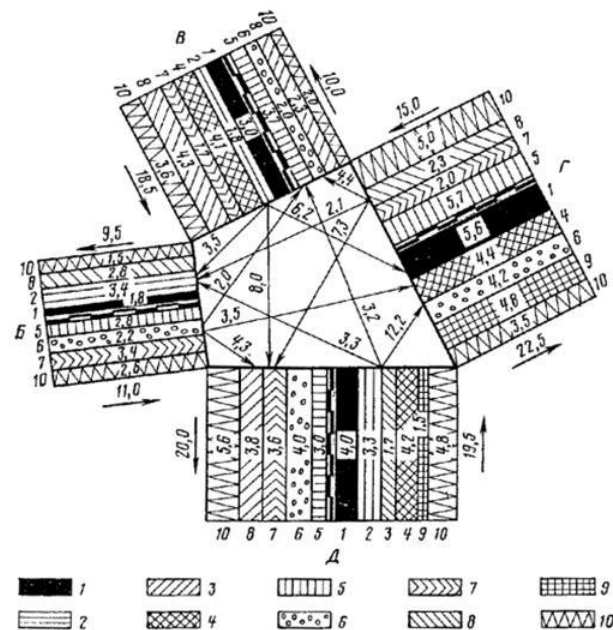
Строительству новых железных дорог и переустройству существующих линий предшествуют **экономические изыскания**. Их целью является установление объемов предстоящих грузовых и пассажирских перевозок, их структуры, неравномерности и других экономических показателей.



В ходе экономических изысканий собираются и определяются следующие **данные**:

- ✓ о размещении производства в обследуемом районе;
- ✓ объемы выпускаемой продукции;
- ✓ потребление сырья, топлива, полуфабрикатов;
- ✓ объемы грузовых и пассажирских перевозок;
- ✓ размеры грузо- и пассажиропотоков по направлениям;
- ✓ состав грузооборота по родам грузов;
- ✓ дальность перевозок и другие показатели.

№	Группа ТН	Наименование	Январь-июнь 2010 года		Изменения к аналогичному периоду 2009 года %
			Объем импорта (млн.долл)	Доля в импорте в %	
1	84-90	Машины и оборудование	4 359	36,95	+86
2	28,29,38-40, 54-55	Химические товары	1 162	9,85	+99
3	64	Обувь	1 043	8,83	+78
4	62	Одежда текстильная	643	5,46	+23
5	61	Одежда из трикотажа	548	3,88	-8
6	73	Изделия из черных металлов	395	3,35	+23
7	42	Изделия из кожи	313	2,65	+22
8	94	Мебель, матрасы, осветительные приборы	241	2,04	-3
9	63	Прочие готовые текстильные изделия (белье постельное, покрывала, шторы)	215	1,82	+14
10	95	Игрушки, спортивный инвентарь	193	1,63	+19
11	43	Пушнина, меховое сырье, мех, изделия	144	1,22	+159
12	20	Продукты из овощей, фруктов, орехов	141	1,19	+23
13	83	Изделия из драгоценных камней	131	1,11	+68



Район тяготения железной дороги – это территория, на которой расположены предприятия и населенные пункты, отправляющие и принимающие продукцию (или пассажиров) через станции данной ж.-д. линии.

На железнодорожном транспорте выделяют местные и транзитные районы тяготения.

Местным районом тяготения называют территорию, предприятия и населенные пункты которой получают и отправляют грузы через станции, расположенные на проектируемой железной дороге.

Транзитные районы тяготения дороги представляют собой территории отправителей и получателей грузов, которые осуществляют перевозки по данной дороге транзитом (без погрузки и выгрузки).

Производя экономические изыскания, получают первичные и расчетные показатели.

Первичные показатели представляют собой данные, выявленные в результате обследования изучаемого района: информацию о развитии и размещении производительных сил, о работе транспортной сети; различные отчетно-статистические сведения.

Расчетные показатели получают в результате обработки первичных показателей; это состав грузооборота по видам грузов и видам сообщения, грузопотоки по участкам и т.д.

Экономические изыскания делят на *проблемные и титульные*.

Проблемные изыскания исследуют транспортно-экономические связи между экономическими районами с целью создания или развития существующей транспортной сети, обслуживающей эти районы.

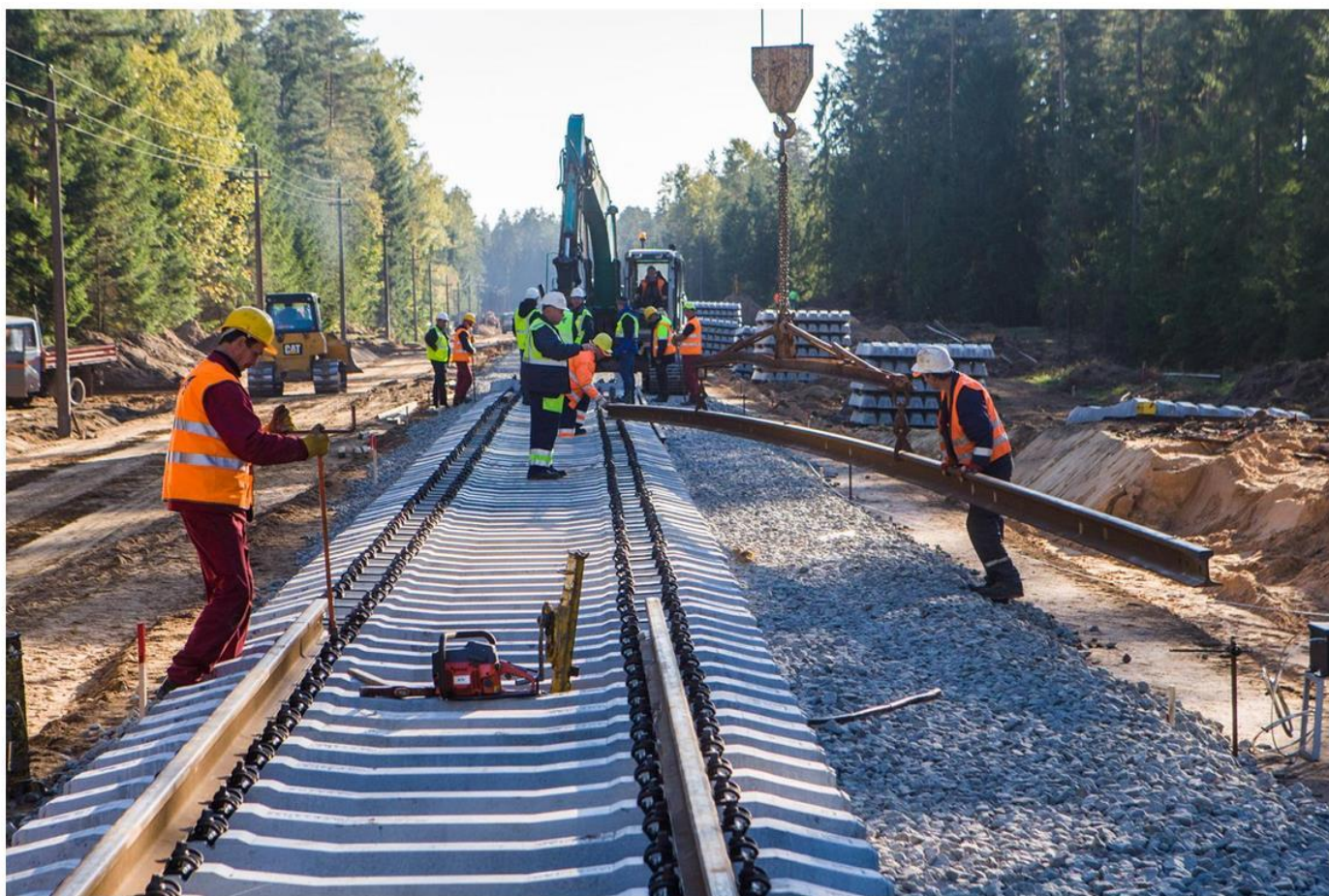
По материалам проблемных изысканий, обосновывающим наиболее рациональное направление линии, в последующем производятся ***титульные технико-экономические изыскания***.

2. Содержание экономических изысканий

Основными задачами экономических изысканий при проектировании новых железных дорог являются:

- ✓ определение роли и значения проектируемой дороги как составного звена единой транспортной системы;
- ✓ определение размеров грузовых и пассажирских перевозок на расчетные сроки и влияния проектируемой железной дороги на работу прилегающих участков железнодорожной сети и автомобильного и речного транспорта;
- ✓ выявление возможных вариантов направления дороги с точки зрения транспортного обеспечения межрайонных и внутрирайонных связей, а также потребностей экономических пунктов, тяготеющих к проектируемой линии;

- ✓ определение показателей эффективности затрат на строительство проектируемой линии;
- ✓ установление экономических показателей работы проектируемой линии.



Экономические изыскания, проводимые при проектировании новых и переустройстве эксплуатируемых железнодорожных линий, включают в себя ***следующие этапы:***

- ✓ подготовительные работы;
- ✓ сбор исходных данных;
- ✓ установление местных грузовых перевозок;
- ✓ выявление транзитных грузовых перевозок;
- ✓ систематизация общих размеров грузовых перевозок;
- ✓ определение внутригодовой неравномерности перевозок грузов и статической нагрузки вагонов;
- ✓ установление размеров пассажирского движения;
- ✓ составление экономической записки.

Подготовительные работы включают ознакомление с заданием на проектирование, разработку программы и сметы на проведение экономических изысканий.

Экспедиция проводит технико-экономическое обследование в центрах областей, краев, республик, в крупных промышленных и административных пунктах, входящих в район тяготения. При этом устанавливают и уточняют на расчетные сроки:

- местоположение существующих и намечаемых к строительству промышленных предприятий;
- размеры производства основных видов промышленной продукции;
- размеры потребления сырья, топлива и вспомогательных материалов;
- перечень основных месторождений полезных ископаемых с указанием запасов и степени их использования;

- данные о мощности существующих и планируемых к строительству электростанций с указанием потребности их в топливе;
- посевные площади, урожайность и закупки основных сельскохозяйственных культур, поголовье основных видов скота;
- размеры снабжения и потребности сельского хозяйства в минеральных и химических удобрениях, машинах и строительных материалах;
- состояние и возможности использования лесных ресурсов;
- объемы строительно-монтажных работ;
- данные о численности населения по административным районам и крупным населенным пунктам;
- объемы потребных промышленных и продовольственных товаров;
- транспортно-экономические связи по основным видам грузов, развитие и взаимодействие различных видов транспорта.

При проведении экономических изысканий показатели определяют на **расчетные годы**. В качестве расчетных сроков при установлении мощности отдельных устройств и сооружений железнодорожных линий принимают 2, 5 и 10-й годы постоянной эксплуатации дороги.

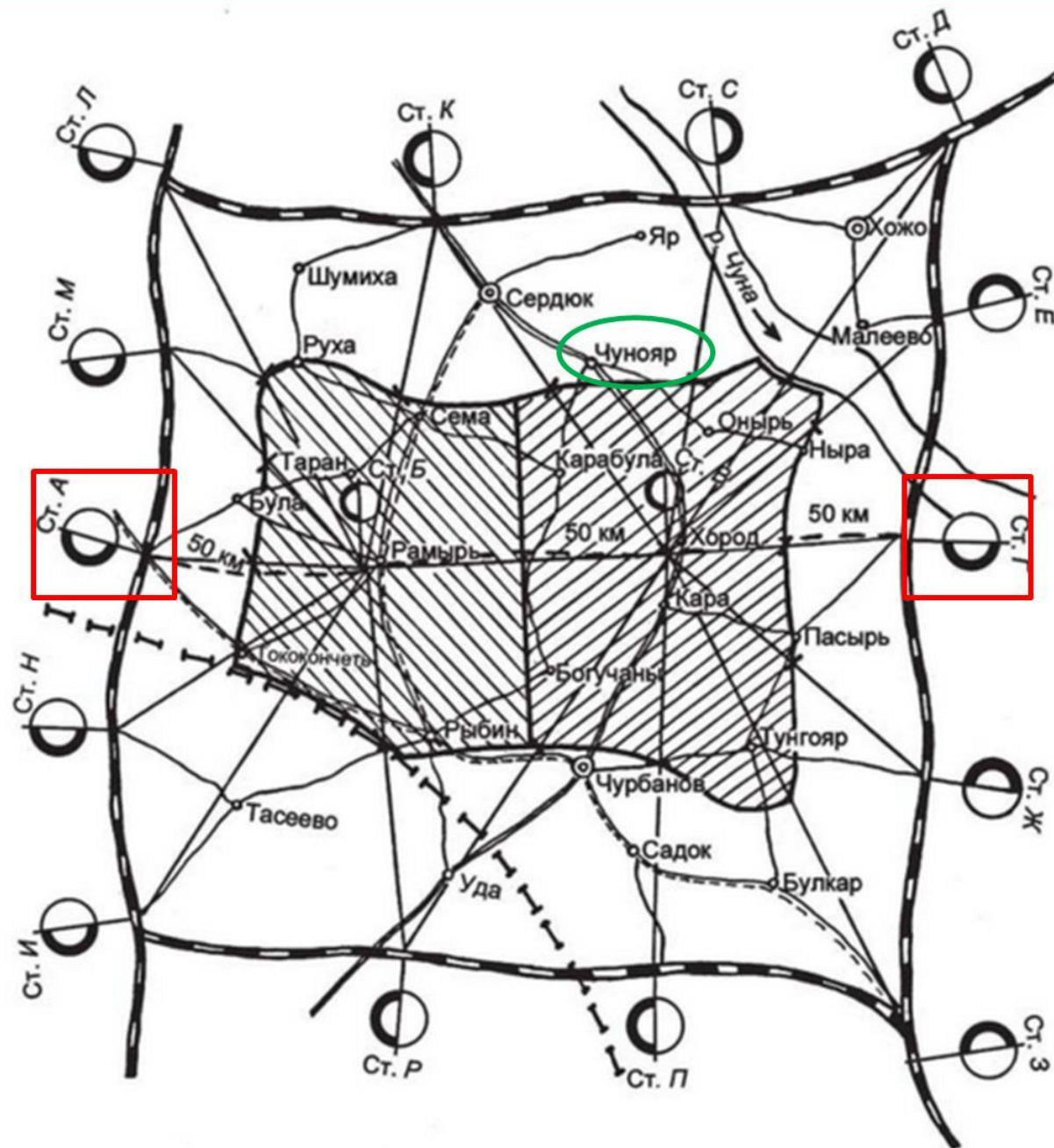


3. Местный и транзитный районы тяготения

Для выявления характера и объема местных перевозок по проектируемой железной дороге необходимо установить местный район тяготения.

Определение границ местного района тяготения осуществляется в **два этапа**. Вначале намечают ориентировочно по карте контуры территории, входящей в район тяготения. На втором этапе уточняют границы района тяготения в процессе проведения транспортно-экономического обследования района на месте.

Определение местного района тяготения аналитическим методом



Местные грузовые перевозки характеризуются **ввозом или вывозом** в пункты местного района тяготения через станции проектируемой железнодорожной линии.

Объемы местных перевозок выявляются вначале отдельно для каждого рода грузов, далее эти объемы суммируются по направлениям и участкам.

Для определения объемов перевозок основных грузов составляется **транспортный баланс**. Он формируется на каждый расчетный год по промышленным, лесным, минерально-строительным, хлебным грузам, минеральным удобрениям и группе прочих грузов.

Транзитный район тяготения устанавливается путем сопоставления маршрутов следования грузов для взаимно корреспондирующих районов и пунктов. Маршруты при установлении транзитного района сравнивают в основном по *критерию минимального расстояния перевозок*.

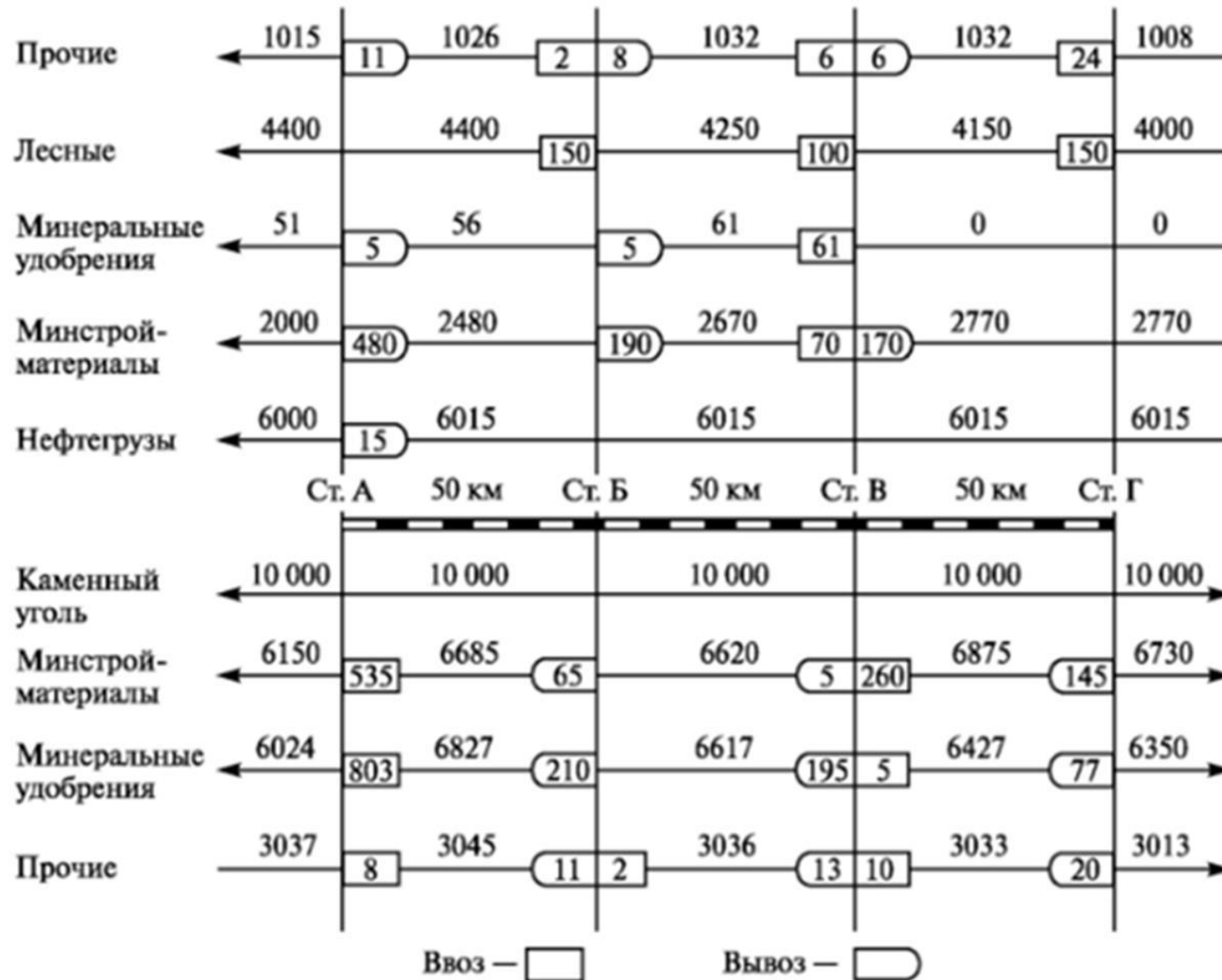
После выявления транзитного района тяготения проектируемой железнодорожной линии приступают к установлению транзитных грузовых перевозок.

Вначале определяют объемы транзитных перевозок на расчетные годы по каждому номенклатурному грузу, после чего формируется суммарный транзит.

4. Систематизация грузовых перевозок

В отношении местных и транзитных перевозок систематизацию выполняют с целью установления на расчетные годы состава грузовых перевозок, густоты потоков, грузооборота и других ***экономических показателей***, как общих, так и дифференцированных по родам грузов, видам сообщения, направлениям, железнодорожным участкам и станциям.

Пример рабочей схемы грузопотоков проектируемой железной дороги А-Г на 2010 г., тыс. т



По данным рабочей схемы грузопотоков для каждого направления движения определяют грузооборот $\Gamma_{го}$, тыс. т·км:

$$\Gamma_{го} = \sum_{i=1}^k \Gamma_i \cdot l_i, \quad (1)$$

где Γ_i — объем перевозок по i -му перегону, тыс. т;
 l_i — длина i -го перегона, км.

Средняя грузонапряженность Γ , $\frac{\text{тыс.т} \cdot \text{км}}{\text{км}}$, линии по каждому направлению рассчитывается по формуле:

$$\Gamma = \frac{\Gamma_{го}}{\sum_{i=1}^k l_i}. \quad (2)$$

В соответствии с *грузонапряженностью нетто* устанавливают потребный уровень мощности технических устройств и сооружений железной дороги, необходимый для обеспечения предстоящих объемов перевозок. Грузонапряженность нетто оказывает влияние на выбор направления линии, вида тяги, величины руководящего уклона и других важнейших параметров проектируемой железной дороги. *Грузонапряженность брутто* используется, например, для выбора типа верхнего строения пути.

При определении уровня мощности проектируемой железной дороги (категории) устанавливают так называемую *приведенную грузонапряженность*:

$$\Gamma_{\text{пр}} = \frac{\Gamma_{\text{го}}^I + \Pi_{\text{по}}}{L_{\text{э}}}, \quad (3)$$

где $\Gamma_{\text{го}}^I$ – грузооборот грузового направления, млн. т·км;

$L_{\text{э}}$ – длина линии, км;

$\Pi_{\text{по}}$ – приведенный к грузовому пассажирооборот, млн. пасс.·км.

$$\Pi_{\text{по}} = \beta_{\text{п}} \cdot \sum_{i=1}^k n_i \cdot l_i \cdot 10^{-6}, \quad (4)$$

где $\beta_{\text{п}}$ – коэффициент приведения пассажиропотока к грузообороту;

n_i – число пассажиров, отправленных из i -го пункта в год;

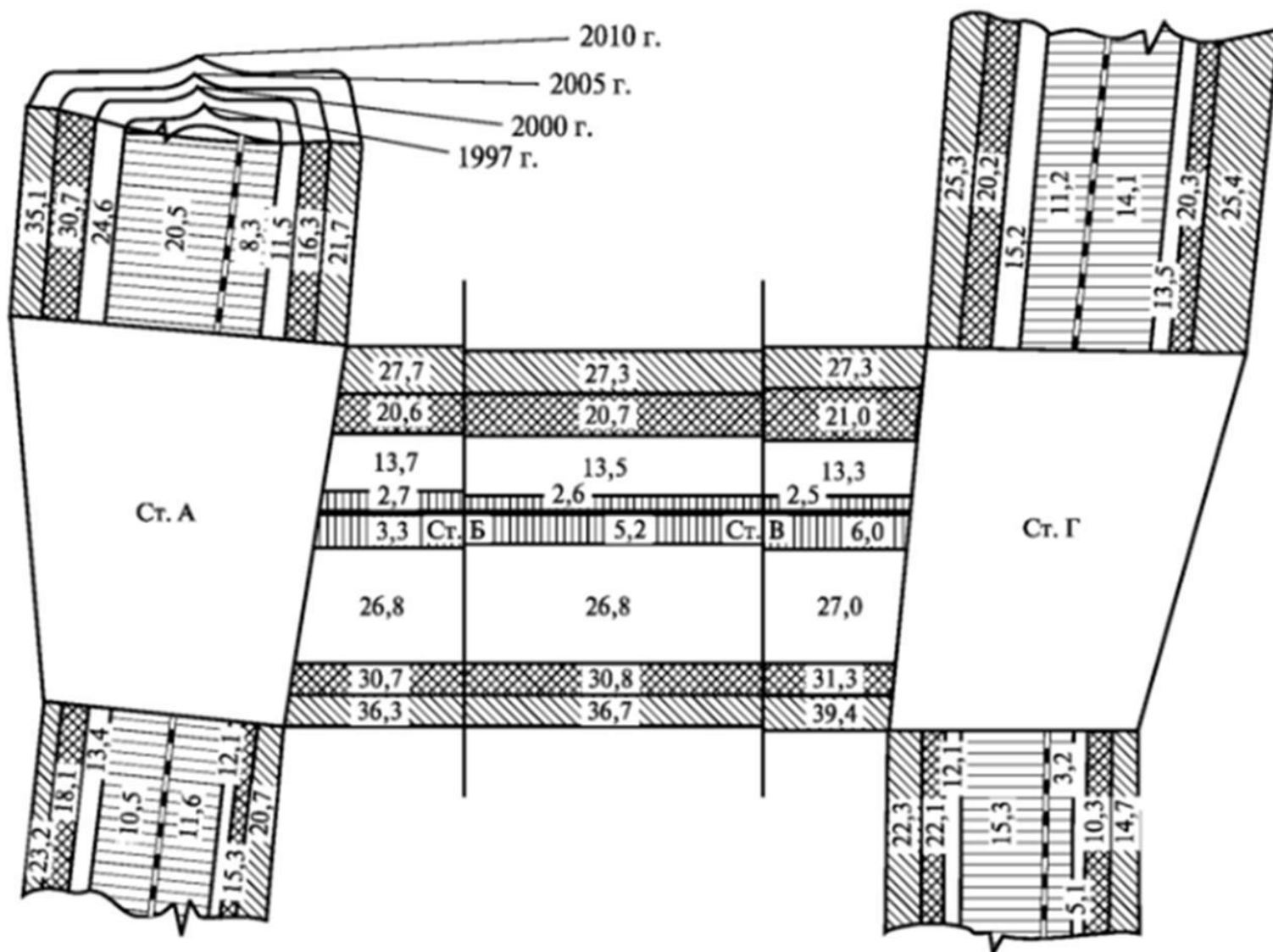
l_i – расстояние перевозки из i -го пункта, км;

k – число отдельных пунктов, на которых производится посадка и высадка пассажиров.

Для проектирования необходимого путевого развития и мощности погрузочно-разгрузочных устройств выполняют систематизацию перевозок по конкретным станциям.

Грузовые потоки выявляют на все расчетные годы. На основе данных формируют **схему грузовых потоков** по проектируемой железной дороге.

Грузовые потоки по железной дороге А-Г и на подходах к ней, млн. т



Неравномерность грузовых перевозок может иметь место как по направлениям и участкам железнодорожной линии, так и во времени.

Неравномерность перевозок по направлениям характеризуется коэффициентом, представляющим собой отношение грузонапряженности негрузового и грузового направления.

Неравномерность перевозок грузов во времени может анализироваться в течение года, квартала, месяца, декады, недели и суток. Ее учитывают при расчете потребного эксплуатационного штата, пропускной способности, количества подвижного состава, разработке графика движения поездов, проектировании станций, расчетах складских площадей и решении ряда других вопросов.

Раздел 3.

«Трассирование железных дорог»

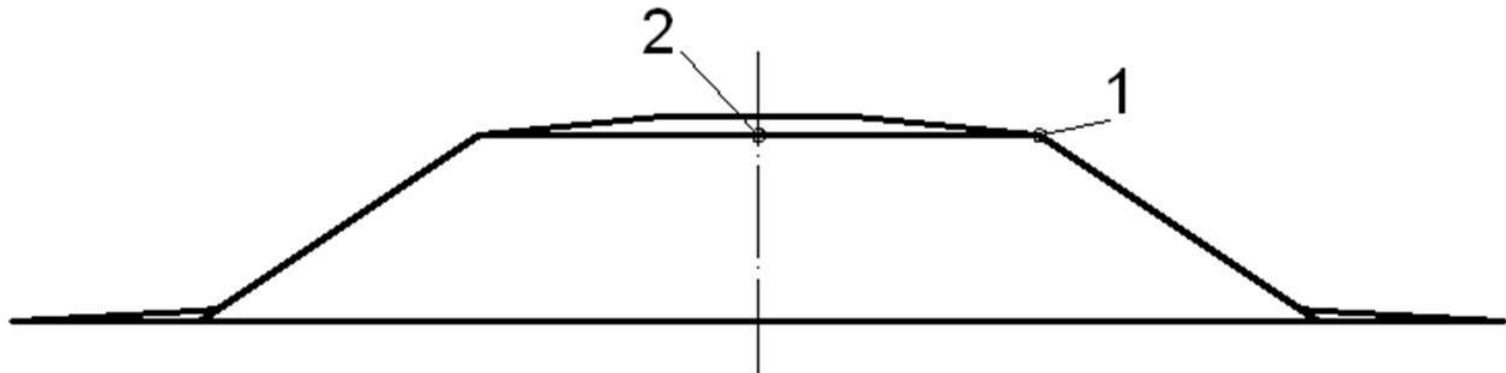
1. Выбор направления проектируемой железной дороги.
2. Характеристика вариантов трассирования железных дорог.
3. Трассирование по картам и планам. Показатели трассы.



1. Выбор направления проектируемой железной дороги

Трасса железнодорожного пути – это геометрическая линия в трехмерном пространстве, совпадающая в вертикальной плоскости с осью пути, а в горизонтальной – с уровнем бровки земляного полотна.

Проекция трассы на горизонтальную плоскость – план, а развертка проекции трассы на вертикальную плоскость – продольный профиль или проектная линия.



- 1 - бровка земляного полотна
- 2 - трасса

Трассирование – это определение положения трассы в пространстве.

Последовательность работ при трассировании:

1. Выбор направления трассы.
2. Камеральное трассирование – укладка плана трассы на топографической карте с одновременным проектированием продольного профиля.
3. Полевое трассирование – инструментальная укладка проекции трассы на поверхность земли.

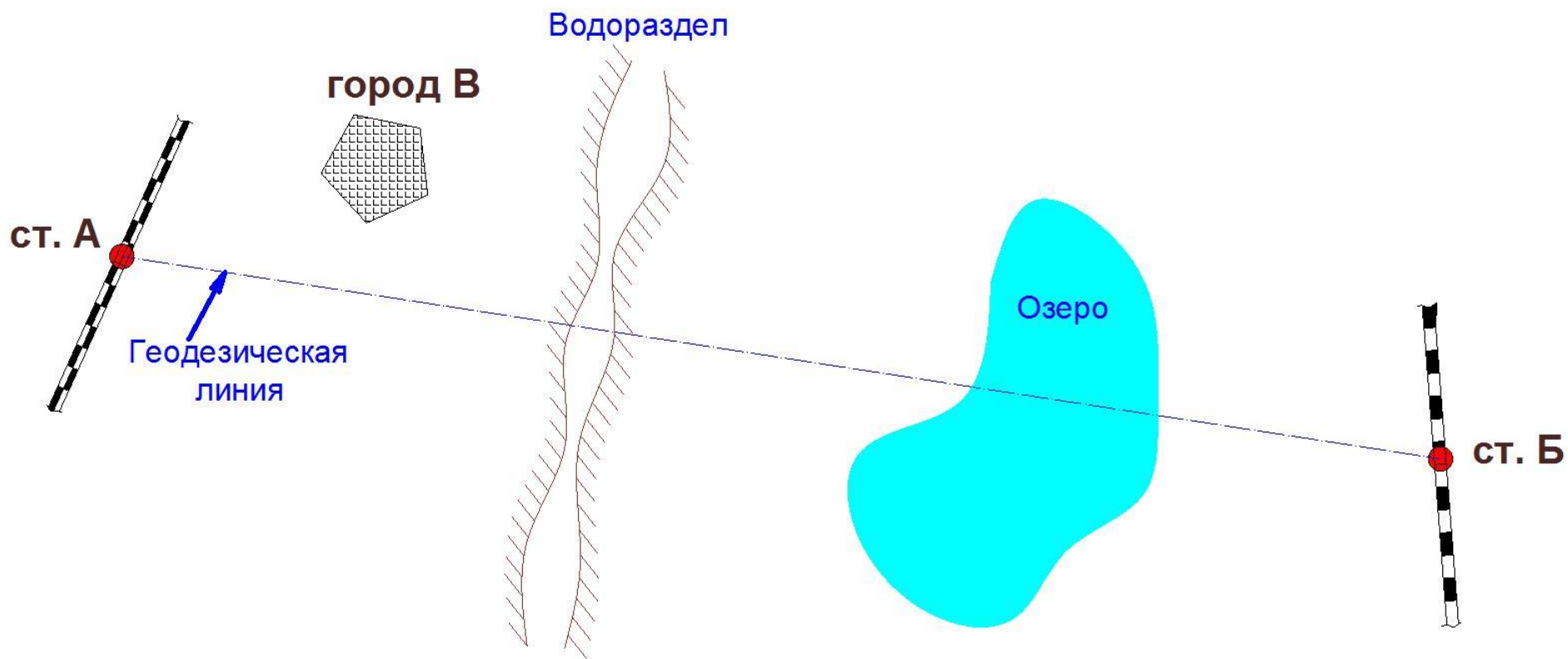
На выбор направления трассы влияют ***социально-экономические, природные и технические факторы.***

Эффективной технологией информационного обеспечения изысканий и проектирования железных дорог в настоящее время является комплексное аэрокосмическое зондирование территорий Земли (АКЗ) на базе глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС.



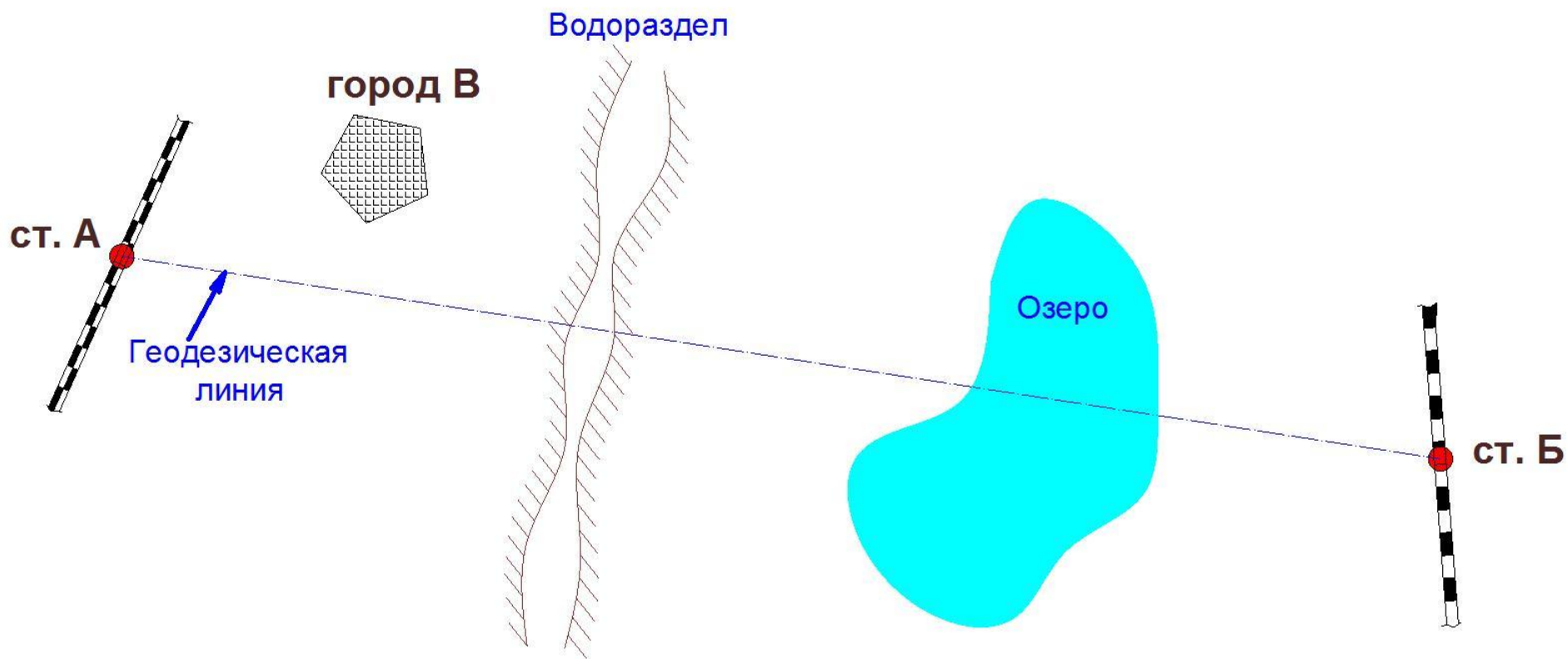
При проектировании новой железной дороги ее конечные пункты, как правило, определяются заданием на проектирование.

Кратчайшее расстояние между двумя точками на земной поверхности называют геодезической линией.



Геодезическая линия позволяет ориентировочно оценить длину и препятствия, которые надо преодолеть:

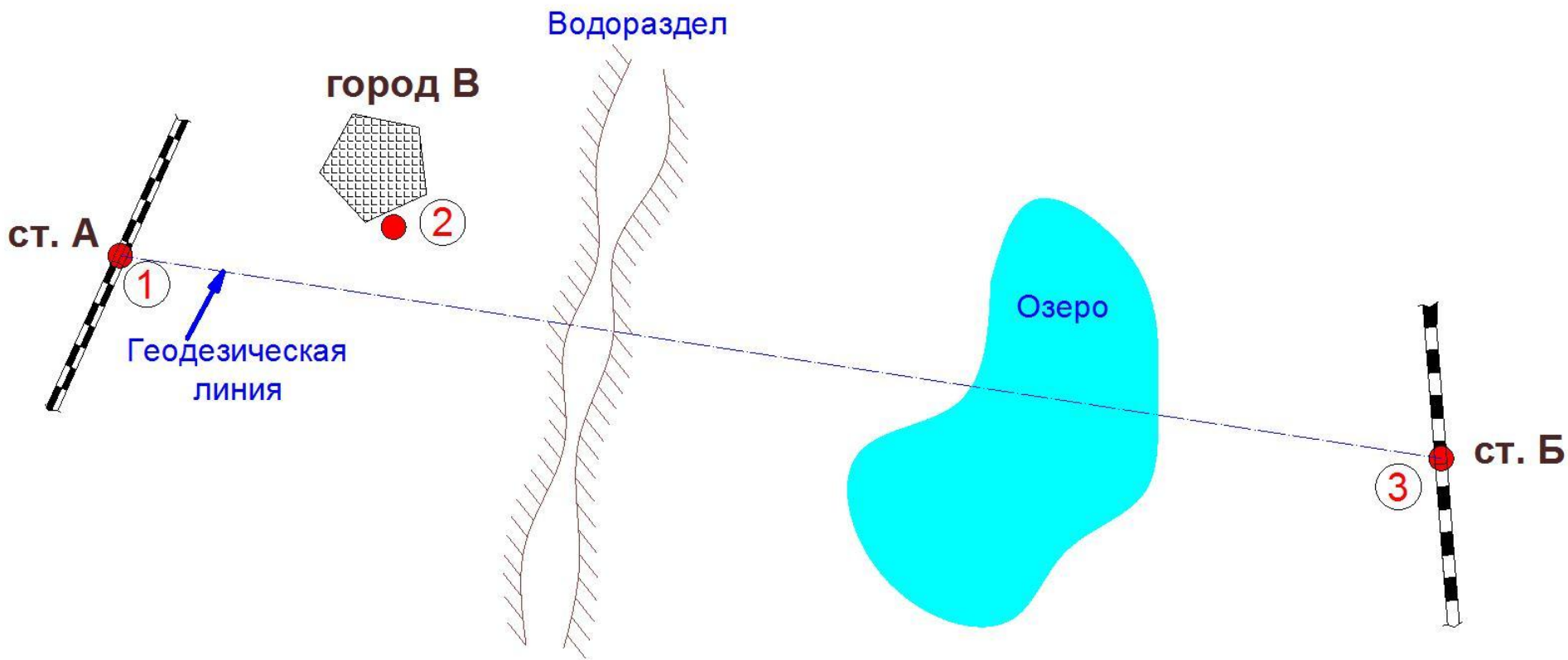
- **высотные**, определяющие необходимость подъема на заданные отметки земли;
- **контурные** – препятствия в виде площади, в пределах которой нельзя укладывать трассу железной дороги.



Социально-экономические факторы:

1. назначение дороги;
2. размещение населенных пунктов и экономических центров в районе проектирования;
3. размеры и характер предстоящих перевозок;
4. возможности обеспечения новой трассы строительными грузами и материалами;
5. влияние трассы на изъятие земель из сельскохозяйственного оборота.

Социально-экономические факторы определяют опорные пункты трассы, то есть те населенные и экономические пункты района, через которые должна пройти проектируемая линия.

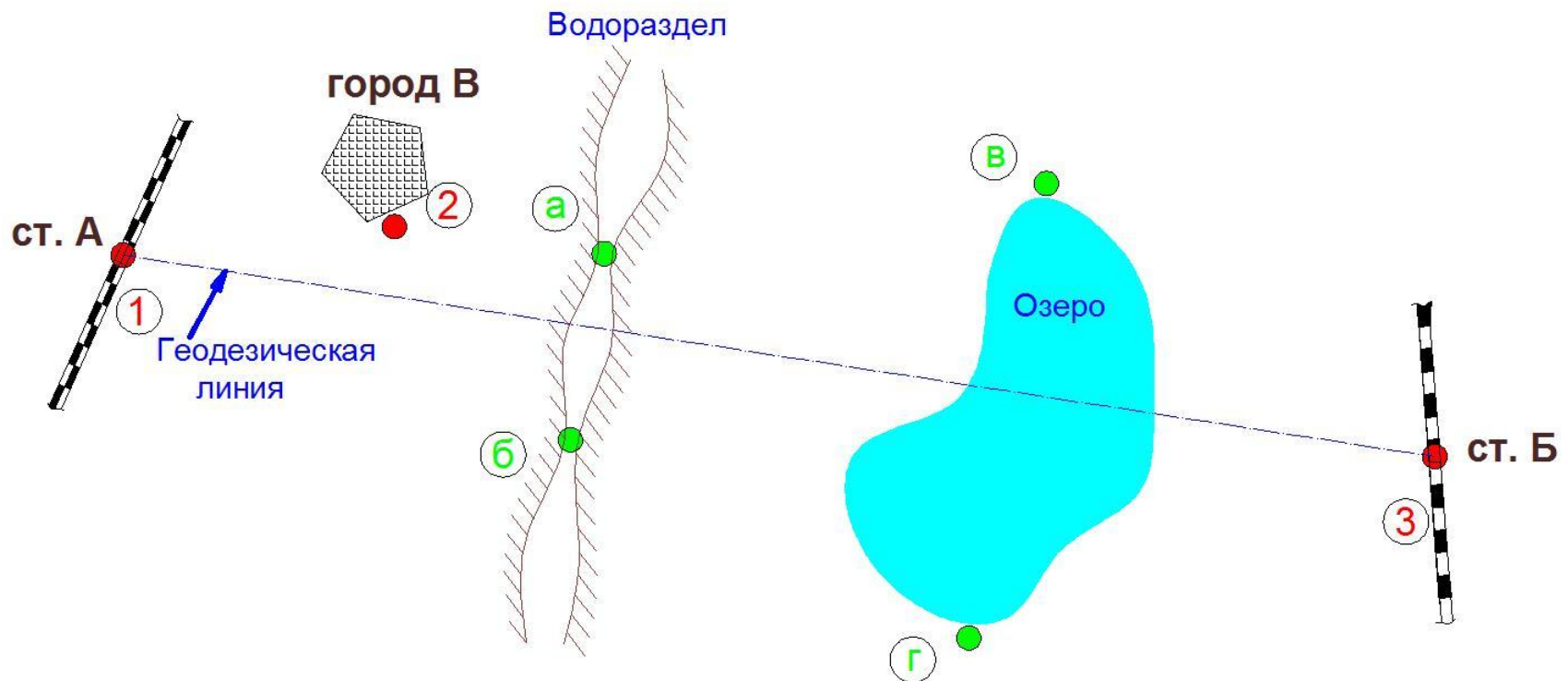


1, 2, 3 – опорные точки

Природные факторы:

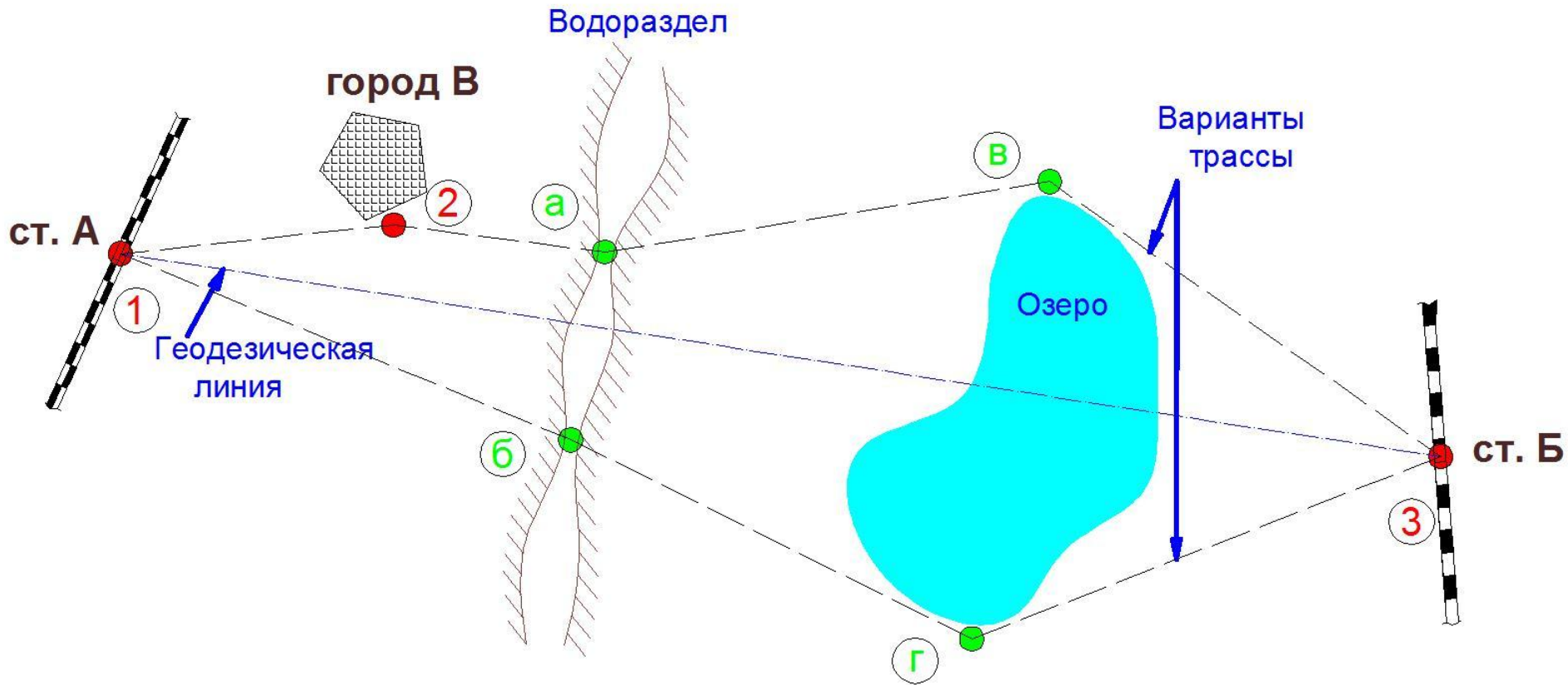
1. рельеф местности, гидрографическая сеть, инженерно-геологические и другие природные условия в районе прохождения трассы;
2. природоохранные требования.

На основе анализа природных факторов определяют положение фиксированных точек (а, б, в, г).



С учетом опорных пунктов и фиксированных точек определяются варианты направления проектируемой линии.

Варианты направления железной дороги



1, 2, 3 – опорные точки

а, б, в, г – фиксированные точки

Технические факторы:

1. ограничивающие уклоны на трассе;
2. полезная длина приемоотправочных путей;
3. число главных путей;
4. длины площадок для размещения раздельных пунктов, зависящие от типов их схем;
5. размещение раздельных пунктов на трассе, зависящее от расчетной пропускной способности.

Для отбора рациональных вариантов трассы используют следующие показатели:

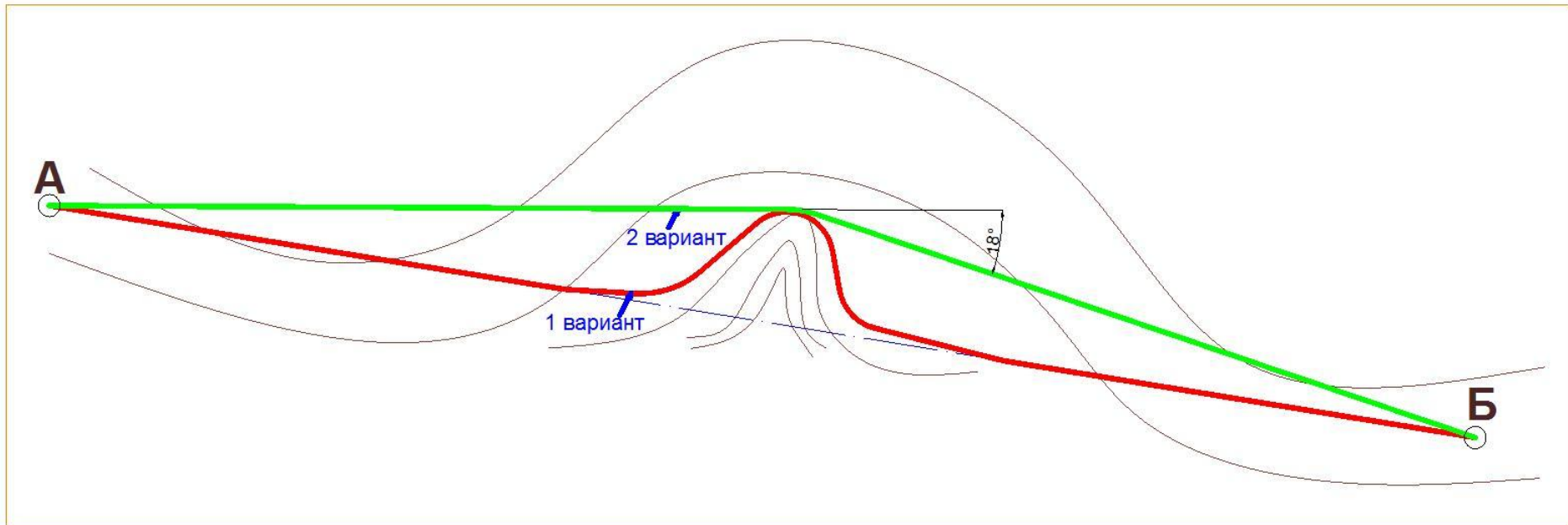
- протяженность проектируемой линии;
- сумма преодолеваемых высот в каждом направлении;
- количество и протяженность искусственных сооружений (мостов, тоннелей, путепроводов и др.);
- протяженность участков, расположенных в неблагоприятных инженерно-геологических условиях.

2. Характеристика вариантов трассирования железных дорог

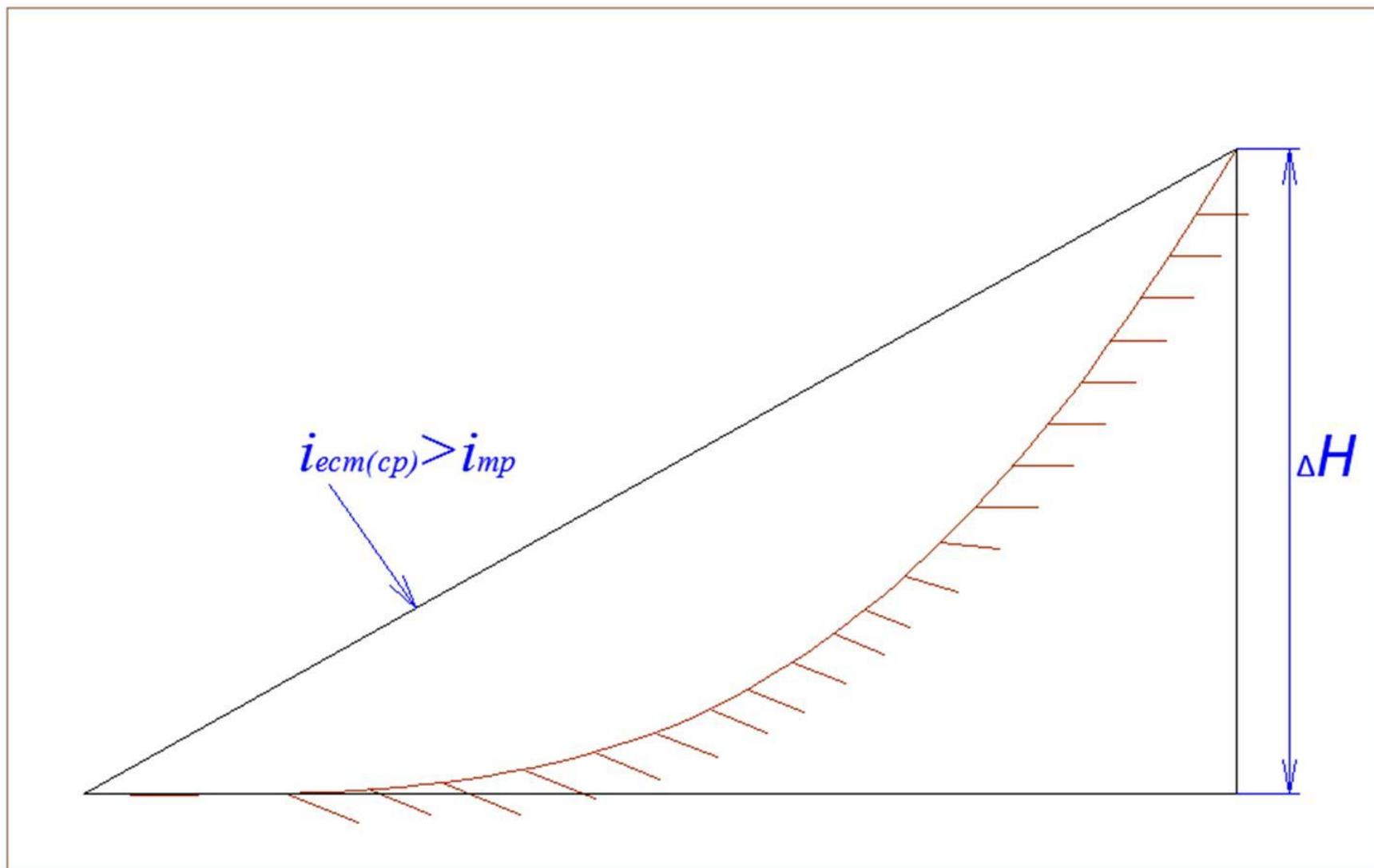


Вольным ходом называются участки трассы, на которых средние естественные уклоны местности меньше уклона трассирования: $i_{ест(ср)} < i_{тр}$.

Величина уклона трассирования равна руководящему (ограничивающему) уклону, уменьшенному на величину эквивалентного уклона, учитывающего сопротивление от круговых кривых.



Напряженным ходом называются участки трассы, на которых средние уклоны местности равны или круче руководящего уклона: $i_{ест(ср)} \geq i_{тр}$.



На участках напряженного хода уменьшение среднего уклона участка до величины уклона трассирования достигается путем развития трассы с существенным отклонением от кратчайшего направления.

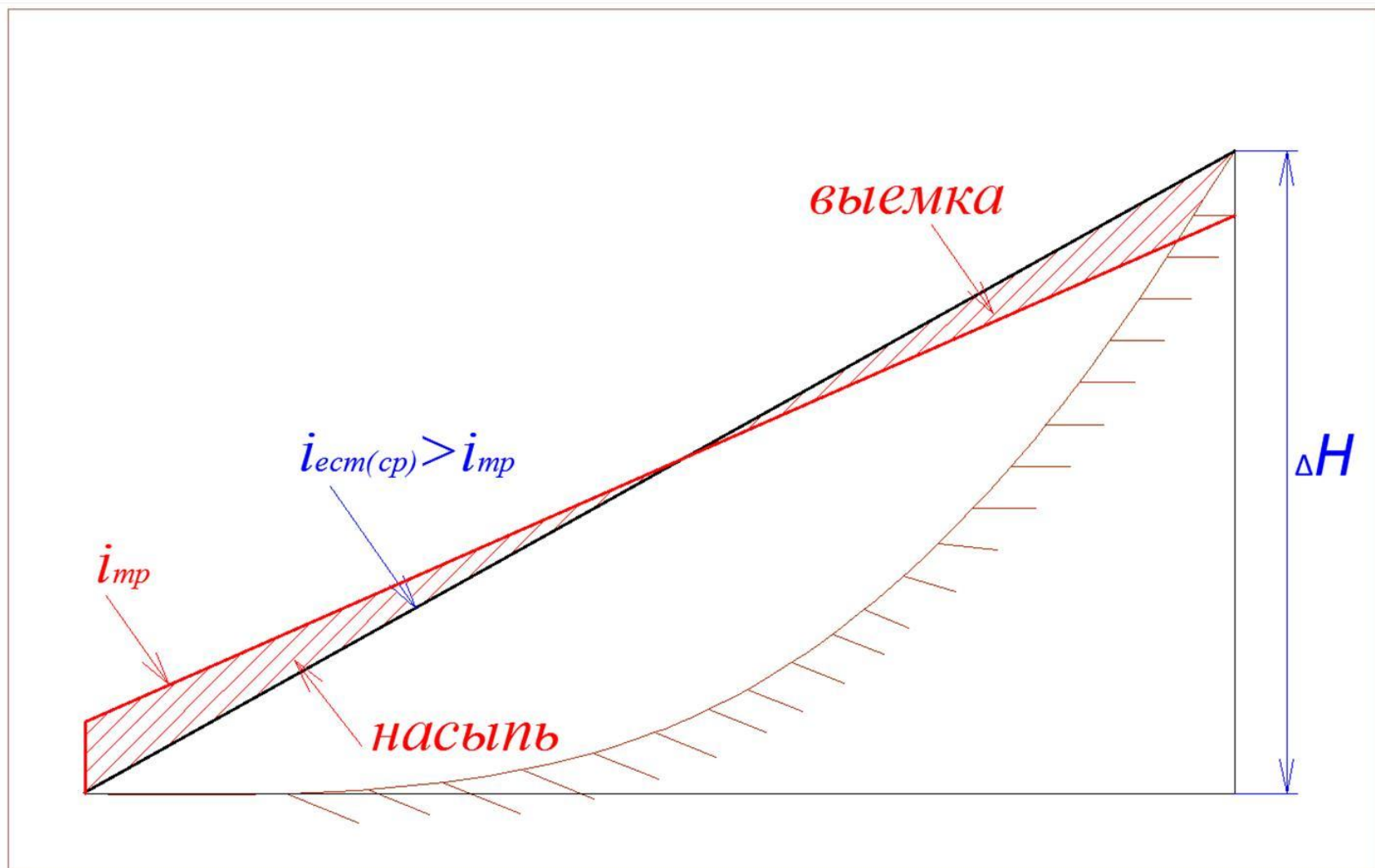
Необходимая расчетная длина трассы определяется по формуле:

$$L_p = \frac{\Delta H}{i_{\text{тр}}},$$

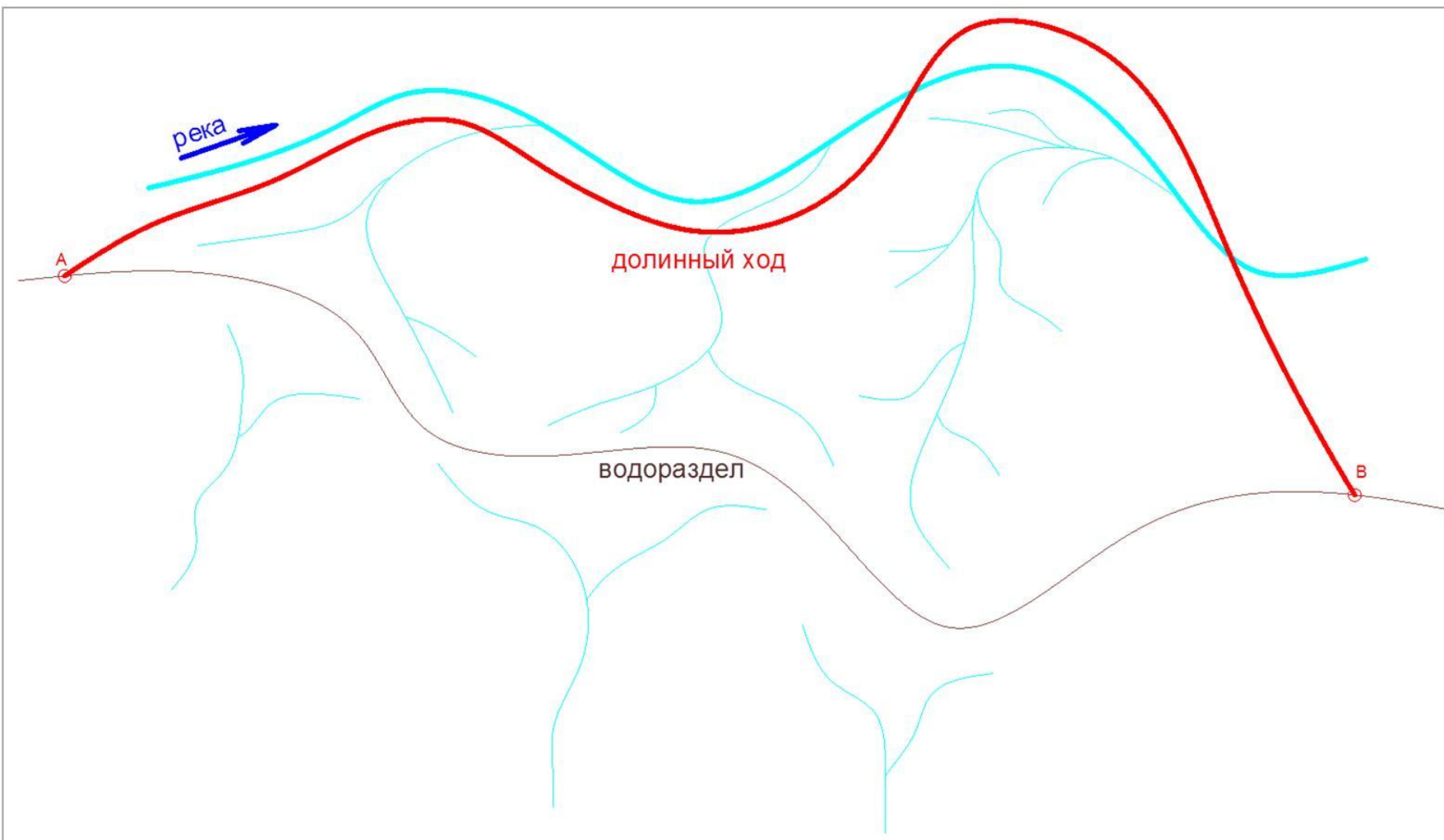
где ΔH - разность отметок фиксированных точек, м;

$i_{\text{тр}}$ - уклон трассирования.

Сократить расчетную длину трассы можно путем уменьшения величины ΔH за счет отсыпки насыпи в начале напряженного хода и устройства выемки (тоннеля) в его конце.



Долинный ход – участок трассы, уложенный по долине реки (является, как правило, вольным ходом).



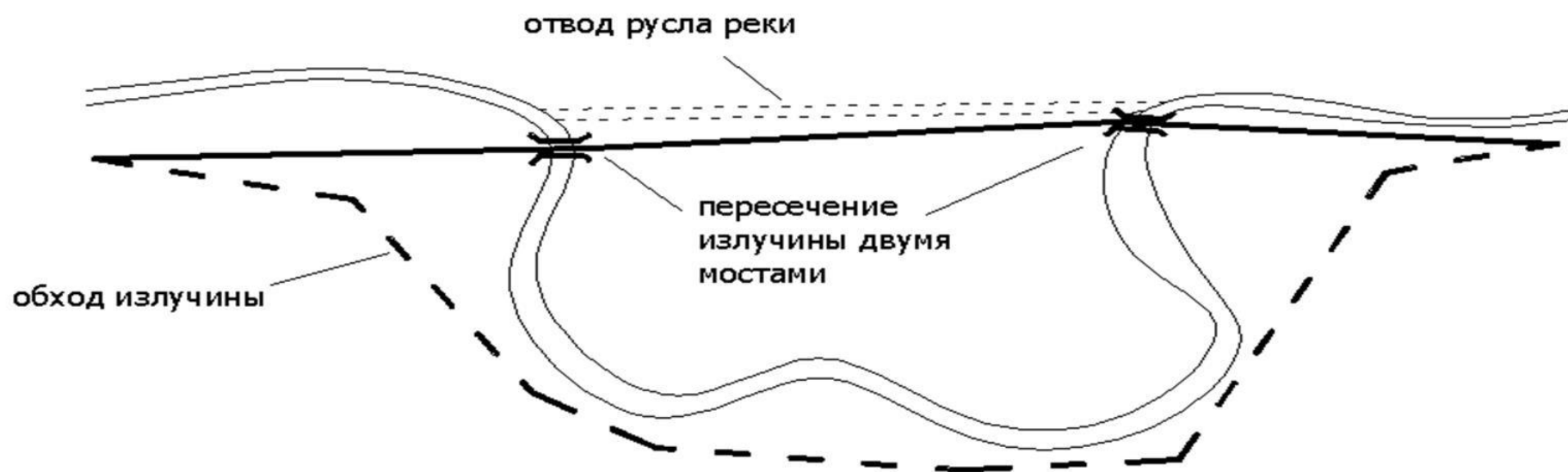
Трасса в долине реки Селенга



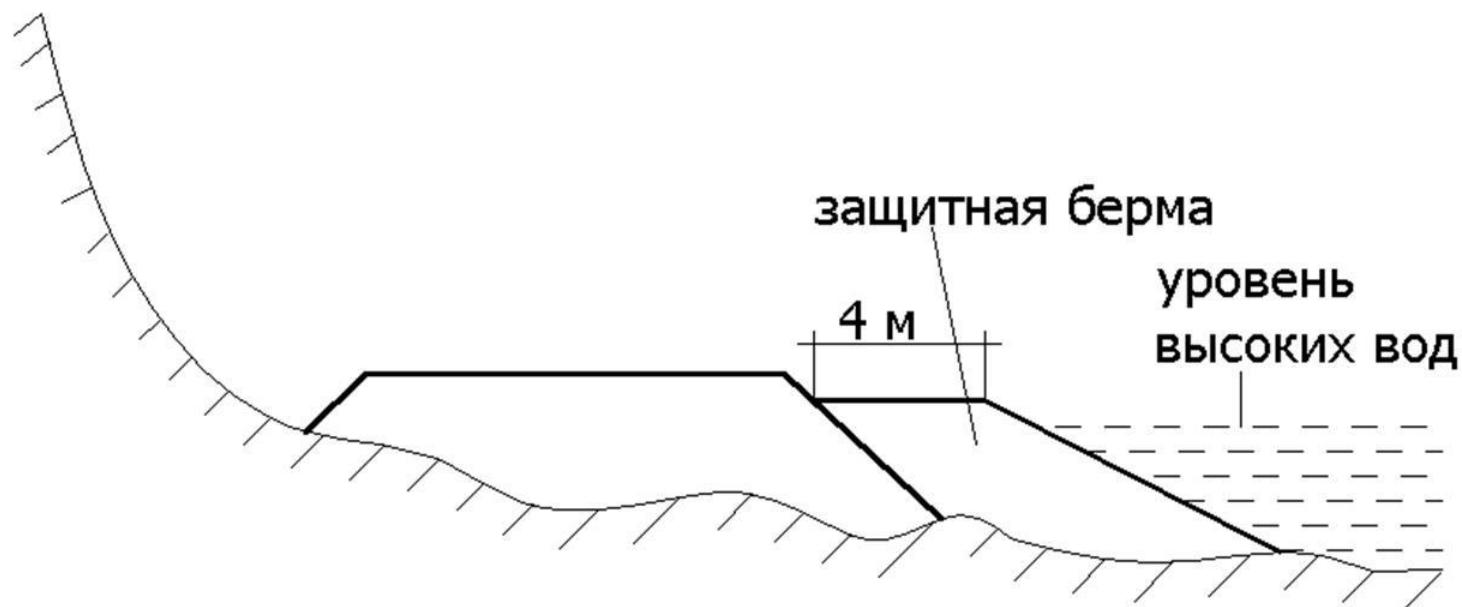
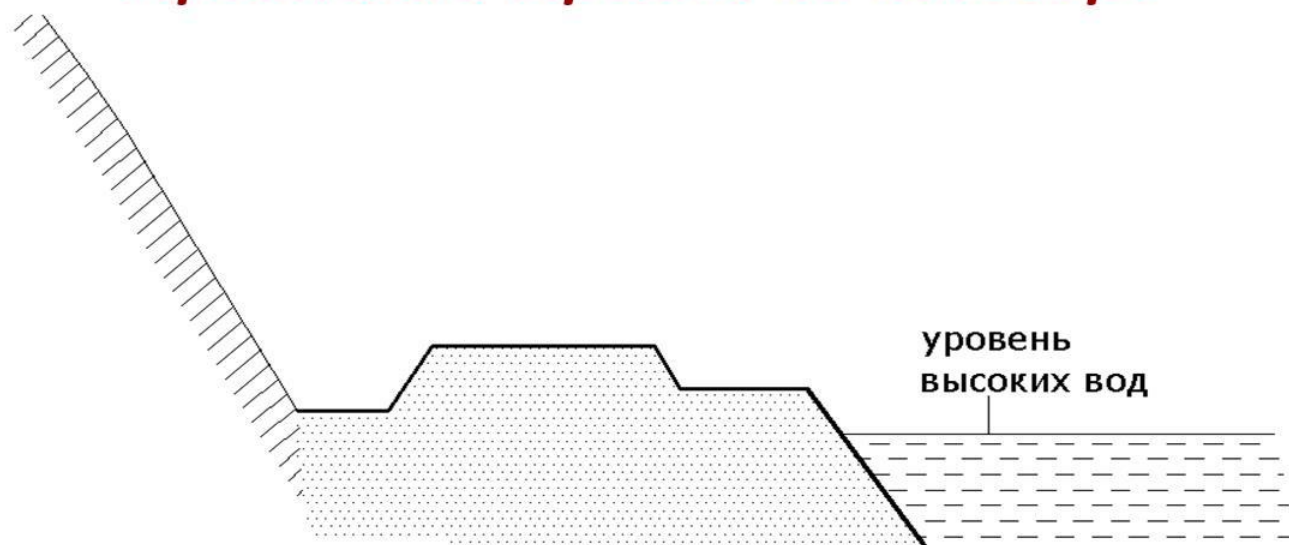
Прокладка трассы по берегам озер, морей, рек



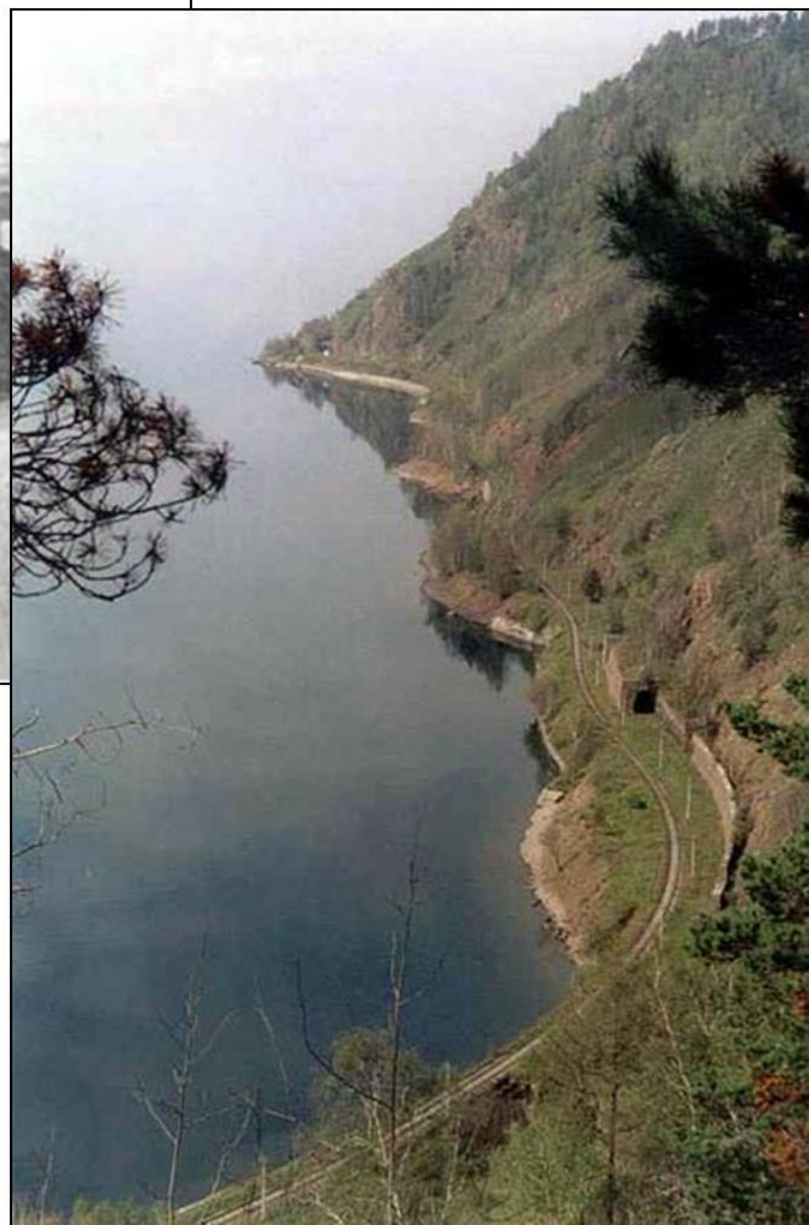
Прокладка трассы в пересеченной местности с извилистыми излучинами рек



Прокладка трассы на косогоре



Забайкальская жел. дор.
Полотно ж. д. на берегу р. Ангары на 18 верстѣ.





Прокладка трассы на косогоре с устройством искусственных сооружений



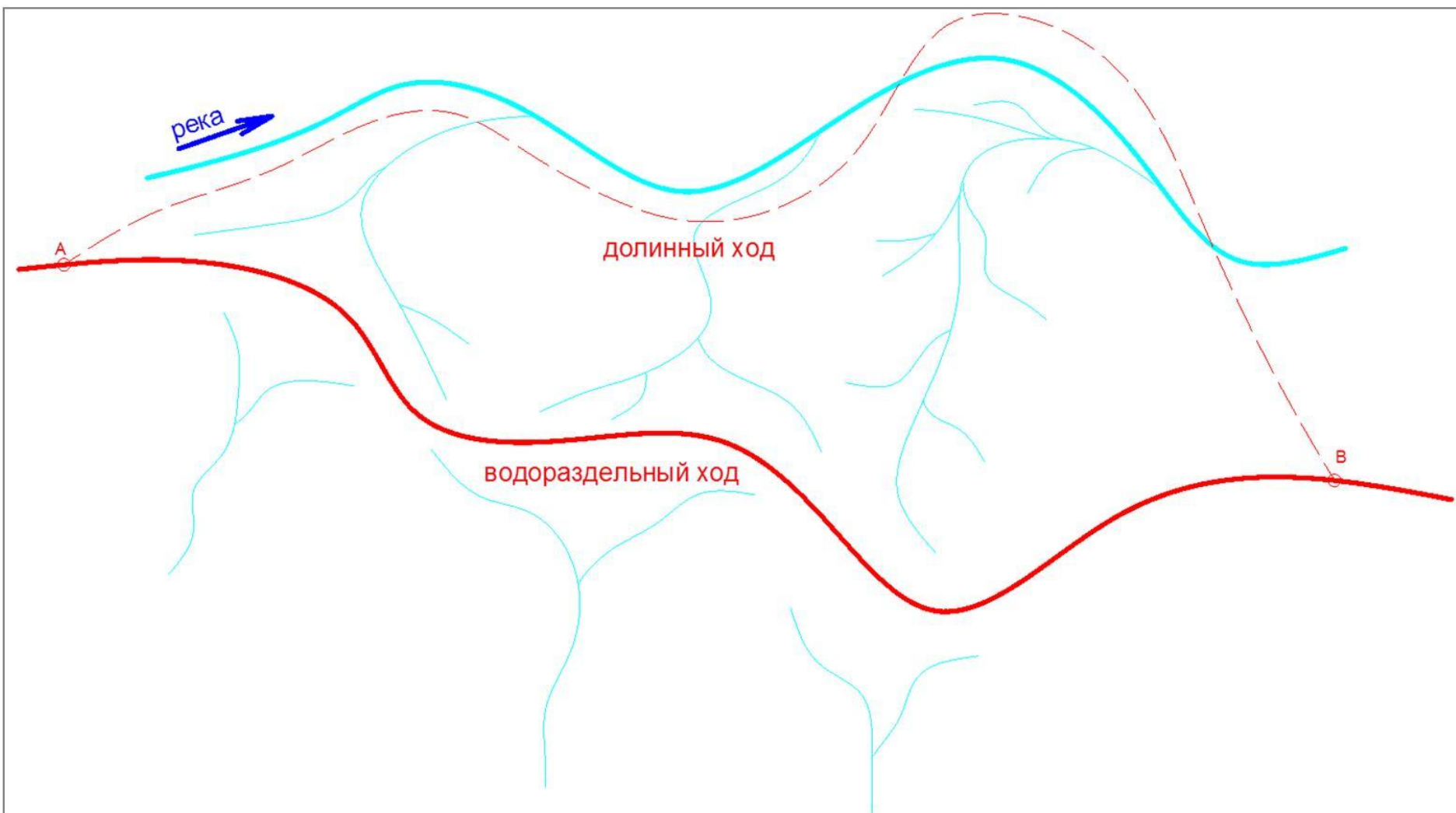
***Трасса на
берегу озера
Байкал,
1903-1904 гг.***



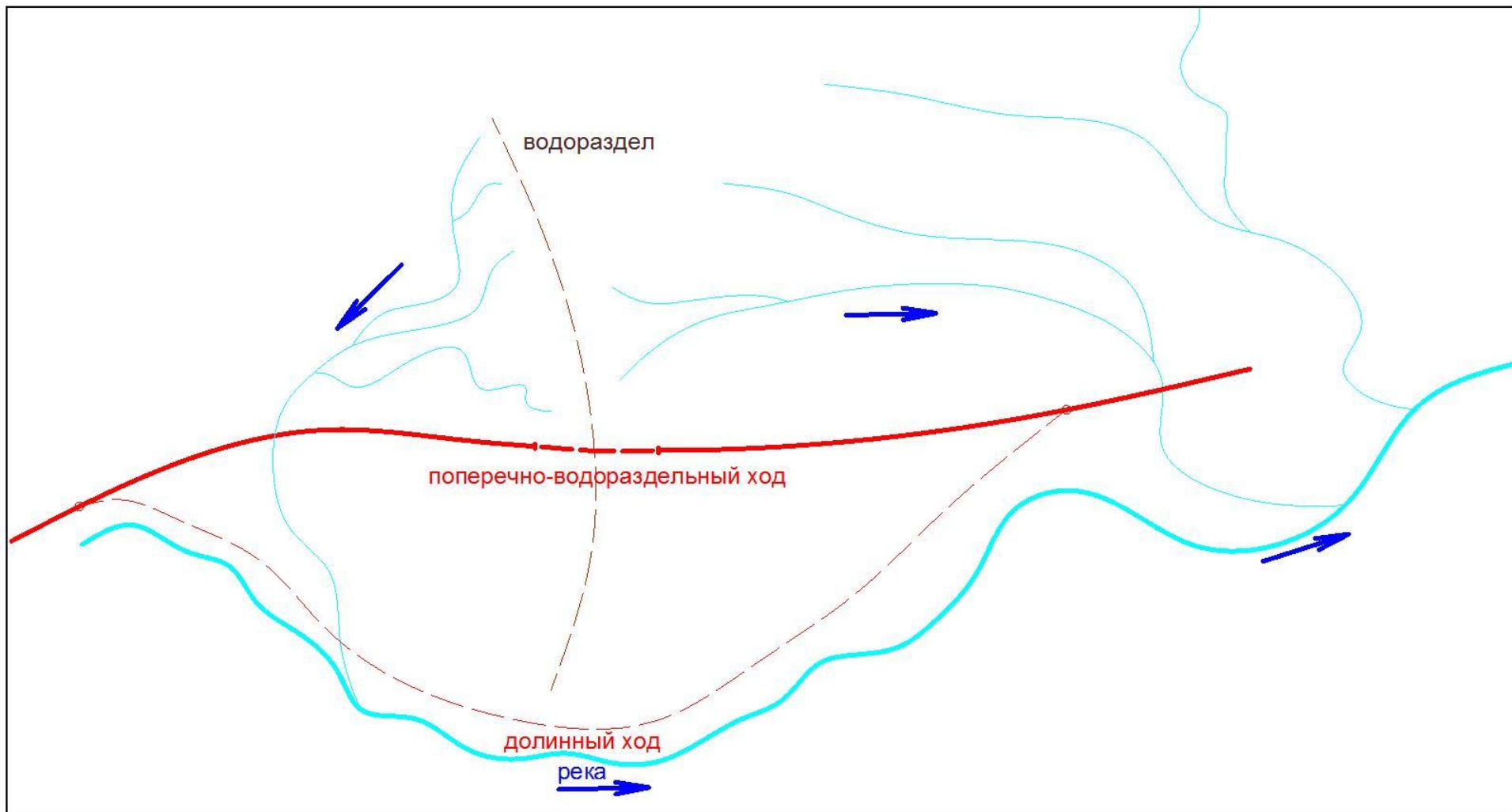
Прокладка трассы с устройством эстакад, тоннелей



Водораздельный ход – участок трассы, уложенный вдоль водораздела.



Поперечно-водораздельный ход – участок трассы на пересечении водораздела при переходе из одной долины в другую.



В большинстве случаев такие трассы являются напряженными ходами. Им свойственны участки усиленной тяги, тоннельные пересечения водораздела или достаточно глубокие перевальные выемки.



3. Трассирование по картам и планам. Показатели трассы

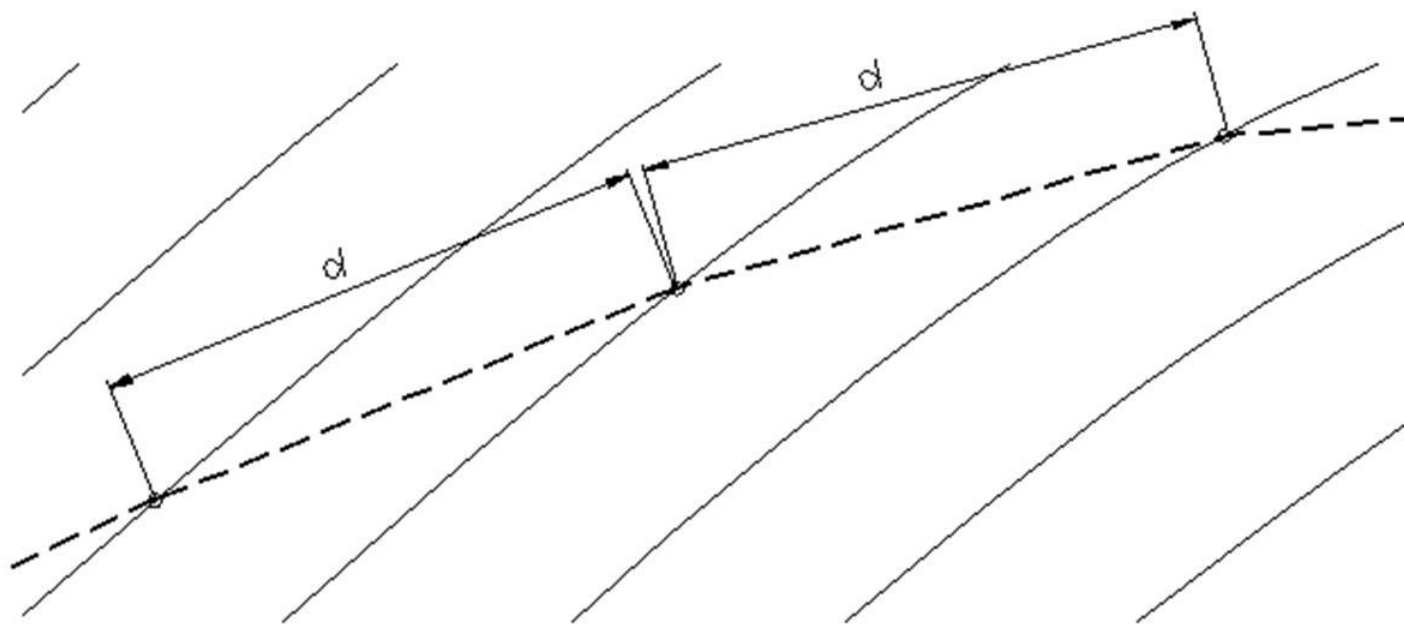
I этап. Прокладка магистрального хода

Магистральный ход представляет собой первое приближение трассы, соответствующее определенной величине руководящего уклона, на участках, проходимых полностью или частично напряженными ходами. Задача укладки плана трассы на карте с горизонталями сводится к последовательному определению положения трассы между смежными горизонталями по заложению:

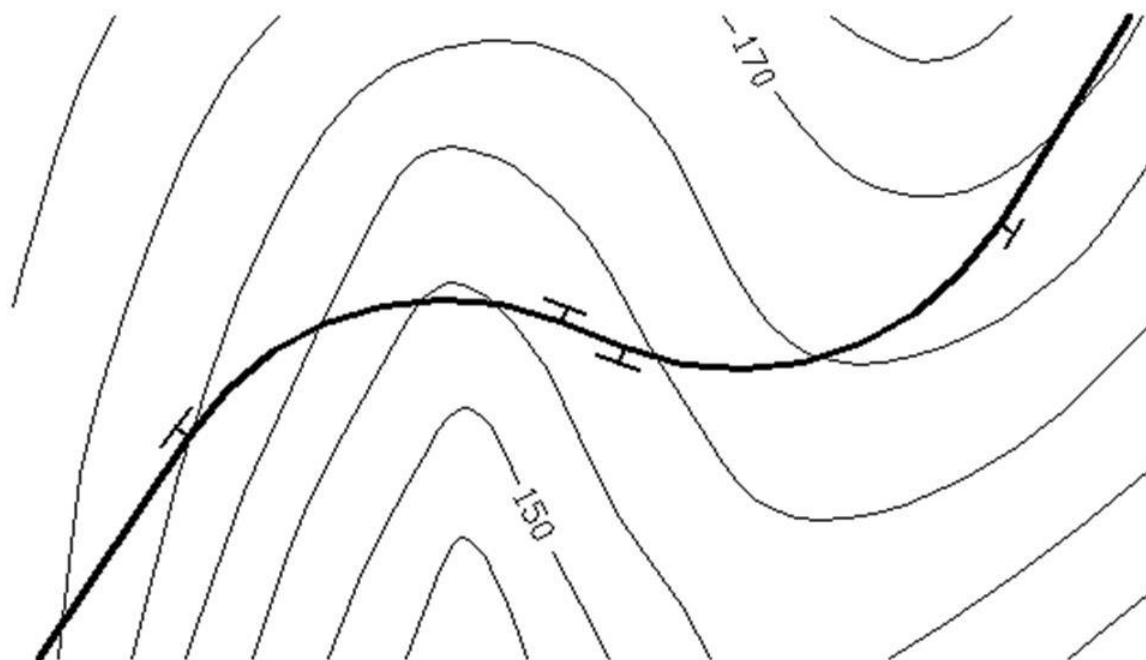
$$d = \frac{h_{гор}}{i_{тр}}$$

где $h_{гор}$ - расстояние между горизонталями по вертикали.

Проектный уклон отрезка трассы между смежными горизонталями совпадает с уклоном местности, поэтому полученную таким образом проектную линию называют линией нулевых работ. Прокладку этой линии, как правило, начинают от фиксированных точек в направлении спуска.



При пересечении лога или отрога направление кривых на участке трассы должно соответствовать направлению горизонталей.



После прокладки трассы напряженным ходом уточняется ее положение на вольном ходу. При этом трасса прокладывается до следующей опорной или фиксированной точки по кратчайшему направлению.

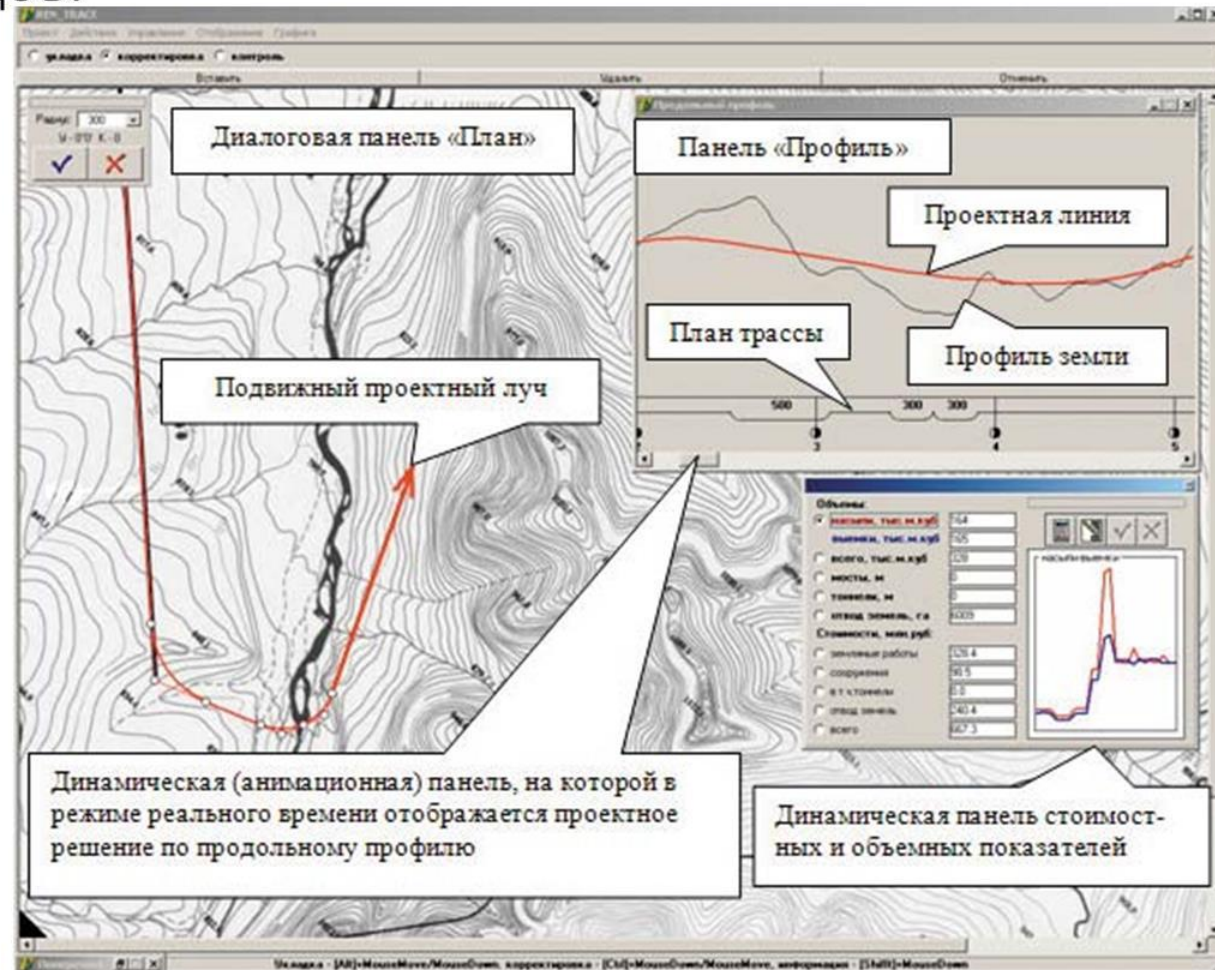
II этап. Камеральное трассирование

После определения рационального положения магистрального хода приступают к трассированию дороги. Оно выполняется от оси начальной станции небольшими участками, одновременно с укладкой линии в плане составляется схематический продольный профиль трассы.



III этап. Трассирование по крупномасштабным планам

Крупномасштабные планы (М 1:5000 – 1:1000) используются для уточнения положения трассы в плане и профиле с учетом конструкции земляного полотна, размещения водопропускных сооружений, водоотводов.



Показатели трассы:

1. Длина варианта трассы L , км;
2. Длина геодезической линии L_0 , км;
3. Коэффициент развития трассы;

$$\lambda = \frac{L}{L_0}$$

4. Доля напряженных и вольных ходов, в км и %.